

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



PROPUESTA ESTRUCTURAL EN MADERA DE PINO CARIBAEA PARA LA REHABILITACIÓN DEL MUSEO GEOLÓGICO DE CIENCIAS DE LA TIERRA DEL NÚCLEO BOLÍVAR DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE, CIUDAD BOLÍVAR, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO DEL ESTADO BOLÍVAR.

**TRABAJO FINAL DE GRADO
PRESENTADO POR LOS
BACHILLERES CARPIO B.,
PEDRO E. y MATOS M., RAFAEL
A. PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL.**

CIUDAD BOLÍVAR, JULIO DE 2022



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA CIENCIAS DE LA TIERRA**

ACTA DE APROBACIÓN

Este trabajo de grado, titulado **“PROPUESTA ESTRUCTURAL EN MADERA DE PINO CARIBAEA PARA LA REHABILITACIÓN DEL MUSEO GEOLÓGICO DE CIENCIAS DE LA TIERRA DEL NÚCLEO BOLÍVAR DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE, CIUDAD BOLÍVAR, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO DEL ESTADO BOLÍVAR”**, presentado por los bachilleres **CARPIO B., PEDRO E. y MATOS M., RAFAEL A.**, cédulas de identidad N° 25.080.104 y 25.932.484 ha sido aprobado de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombres:

Firmas:

Prof. Rogelio Pérez S.

(Asesor)

(Jurado)

(Jurado)

Prof.
Jefe del Departamento de Ing. Civil

Profesor Francisco Monteverde
Director de la Escuela

Ciudad Bolívar, Julio de 2022

DEDICATORIA

Quiero dedicar este humilde trabajo de investigación a nuestros padres, ellos quienes siempre serán nuestros principales pilares en las metas que logremos en nuestra vida como lo es la culminación de nuestra carrera como estudiantes, personas responsables de que me encuentre actualmente en este momento tan importante de la carrera y Dios mediante cómo futuro profesional de la Republica, quienes siempre con amor y preocupación estuvieron apoyándome en todo momento siendo ejemplo a seguir de constancia, paciencia, bondad y dedicación. A mis hermanos Pedro Luis, Maryangellys, Ely Daniel y demás familiares que siempre con apoyo incondicional estuvieron allí levantándome en mis tropiezos y momentos de pánico, quizá muchos no nos acompañan físicamente pero siempre estuvieron allí, cuidando y guiándome por el camino del bien, a mis compañeros de clases, ellos quienes hicieron más ameno el transcurrir de todos estos años de carrera, quienes siempre recordare y estarán en mi corazón con sus ocurrencias, consejos, ideas opiniones y particularidades, cada uno de ellos tiene un elemento único que juntos hacen que las limitaciones sean mucho más tolerables.

Pedro E. Carpio B.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo de investigación a mis padres y hermano, quienes fueron, son y serán los pilares fundamentales de mi carrera, mi desarrollo y crecimiento, fueron el sostén en momentos de incertidumbre, quienes me animaron y nunca dejaron solo, gracias a ellos por enseñarme a tener paciencia, a ser responsable, agradecido, y sobre todo a ayudar a las personas sin necesidad de recibir nada a cambio.

A mi familia, tíos y primos, que estuvieron presentes en este largo camino y nunca dejaron de alentarme, siempre con su apoyo incondicional estuvieron allí levantándome en todos mis tropiezos.

A mis compañeros de clase que juntos luchamos por esta meta e hicieron que este camino fuera un poco más fácil

Dedicarles este trabajo a mis abuelos que aunque estén en ese largo viaje siempre estarán presentes.

Rafael A. Matos M.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente a Dios todopoderoso, y con la Virgen María por siempre cuidarnos y guiarnos en cada paso de nuestras vidas, por haberme dado toda la fuerza, esperanza, sabiduría, perseverancia y empeño para que hayamos podido alcanzar todos y cada una de las metas que se nos presentaron a lo largo de nuestra carrera como estudiante en la casa de estudio más alta de del oriente venezolano como lo es la Universidad de Oriente.

Así mismo extendemos este agradecimiento a todos los excelentes y bien preparados profesores los cuales hicieron y continúan haciendo una excelente labor por la formación de futuros profesionales de la República, gracias a nuestro tutor académico Profesor Rogelio Pérez por todo su tiempo y colaboración brindada así como todos los conocimientos que nos suministró durante la realización de este trabajo de investigación.

Gracias a mis Abuelos, Padres, Tíos, demás familiares y amigos por todo el cariño, afecto y apoyo brindado durante toda nuestra vida y carrera como estudiante, Gracias a mi novia por todo el ánimo y esperanzas que me aporta al estar siempre a mi lado compartiendo, a esas personas que siempre fueron apoyo incondicional en especial a mi compañero de tesis y compañero de vida Rafael Matos, por siempre estar allí y ser pieza fundamental tanto en mi carrera como en mi desenvolvimiento social, una persona que desde pequeño me acompañó y aprecio mucho al momento de tratarlo como familia. Gracias a todas aquellas personas que de manera desinteresada compartieron su apoyo y colaboración cuando más lo necesitaba, gracias a todos.

Pedro E. Carpio B.

AGRADECIMIENTOS

Primero a Dios por siempre estar presente en este camino, por darme la perseverancia para luchar por todo aquello que me propongo, sin pensar en su complejidad ni preocuparme por los resultados, por darme la sabiduría necesaria para afrontar este viaje. Igualmente a la Universidad de Oriente por abrirnos las puertas de un nuevo mundo de conocimientos y experiencias que nos hacen crecer tanto como personas como futuros profesionales. Así mismo, a los profesores que laboran en esta institución, por ser el instrumento para proporcionar la base académica y con esto tratar de dejar el nombre de nuestra universidad en lo alto en cualquier parte del mundo. En especial a mi tutor académico el profesor Rogelio Pérez, por brindarme de su tiempo, sus conocimientos y su ayuda para llevar a cabo este trabajo.

Gracias a mis padres por estar siempre presentes en todo momento, por soportar mi temperamento y por alentarme en esos ratos de incertidumbre, a mi hermano, gracias por tu apoyo y por estar siempre con tu música para darle algo de alegría a este viaje, gracias a mi novia por su cariño, comprensión, por su tiempo y por darme ese aliento en el último tramo de este largo camino.

Gracias a todos mis familiares, tíos y primos, que de alguna u otra forma estuvieron presentes y son parte de este logro. A todos mis compañeros de estudio, gracias por compartir sus conocimientos, por escuchar y por estar apoyando siempre. En especial a mi amigo, hermano y compañero de tesis, Pedro, gracias por tantos momentos juntos por luchar codo a codo desde que éramos niños, por proponernos esta meta y al fin lograrlo, gracias.

Rafael A. Matos M.

RESUMEN

El propósito del presente trabajo de grado presentado a la Universidad de Oriente consiste en estudiar la metodología de los esfuerzos admisibles (ASD) para el cálculo de estructuras de madera en edificaciones, con el uso de pino *Caribaea* var. *hundarensis* como materia prima en auge en Venezuela, aplicado en la estructura de madera de los pabellones GEOS Mundo y GEOS Venezuela del Museo Geológico de la Escuela de Ciencias de la Tierra del Núcleo Bolívar de la Universidad de Oriente, en Ciudad Bolívar, Municipio Angostura del Orinoco del Estado Bolívar. En cuanto a su metodología es del tipo descriptiva y de diseño documental. De tal manera que se realizó una revisión de la bibliografía existente sobre el diseño de Estructuras de madera y sobre las propiedades mecánicas del pino *Caribaea* var. *hundarensis*. Se complementó el trabajo con la aplicación de la metodología ASD a una estructura existente elaboradas con maderas semi duras, a fin de estimar una correspondencia entre ambas. Toda esta información fue recabada mediante herramientas tales como cintas métricas, cámaras fotográficas, calculadora, laptop, bibliografías. A partir de los resultados obtenidos pudimos realizar los estudios pertinentes para llegar a las conclusiones y recomendaciones que nos permitieron resaltar la importancia de este tipo de estudios en el campo de la ingeniería civil en el área de estructuras.

CONTENIDO

	Pag.
ACTA DE APROBACIÓN.....	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN.....	vii
CONTENIDO	viii
LISTA DE FIGURAS	xii
LISTA DE TABLAS	xiv
INTRODUCCION	1
CAPITULO I.....	3
SITUACIÓN A INVESTIGAR	3
1.1 Planteamiento del Problema.....	3
1.2 Objetivos de la Investigación	7
1.2.1 Objetivo General	7
1.2.2 Objetivos Específicos.....	7
1.3 Justificación de la investigación.....	8
1.4 Alcance de la investigación.....	9
1.5 Limitaciones de la investigación	10
CAPÍTULO II	11
GENERALIDADES	11
2.1 Descripción.....	11
2.2 Ubicación Geográfica del área en estudio.....	13
2.3 Acceso al área de estudio	14
2.4 Características físicas y naturales.....	15
2.4.1 Geología	15
2.4.2 Altitud.....	17
2.4.3 Temperatura	17
2.4.4 Precipitación.....	18
2.4.5 Vientos	18
2.4.6 Clima	18

2.4.6.1	Precipitación.....	19
2.4.6.2	19
2.4.6.3	Temperatura media del aire.....	19
2.4.6.4	Radiación solar media.....	20
2.4.6.5	Humedad relativa media.....	20
2.4.6.6	Velocidad media del viento.....	20
2.4.7	20
2.4.8	Hidrografía.....	22
CAPITULO III.....		23
MARCO TEÓRICO.....		23
3.1	Antecedentes de la investigación.....	23
3.2	Bases Teóricas.....	24
3.2.1	Métodos de diseño para elementos estructurales de madera.....	24
3.2.2	Combinaciones de carga (ASD).....	24
3.2.4	La Madera.....	29
3.2.5	Estructura del árbol.....	29
3.2.5.1	Corteza externa.....	29
3.2.5.2	Cámbium.....	29
3.2.5.3	Albura.....	29
3.2.5.4	Duramen o corazón.....	29
3.2.5.5	Médula vegetal.....	30
3.2.6	Características de la madera.....	30
3.2.7	Composición de la madera.....	31
3.2.7.1	Celulosa.....	32
3.2.7.2	Lignina.....	32
3.2.8	Clasificación de la madera.....	32
3.2.8.1	Dureza.....	32
3.2.8.2	Según el Grado de Humedad.....	33
3.2.9	Criterios de diseño.....	33
3.2.10	Propiedades mecánicas de la madera.....	34
3.2.10.1	Resistencia a Flexión.....	34
3.2.10.2	Resistencia a Compresión Paralela a la Fibra.....	34
3.2.10.3	Resistencia a Compresión Perpendicular a la Fibra.....	34
3.2.10.4	Resistencia a Tracción.....	34
3.2.10.5	Resistencia a Cortante.....	35
3.2.11	Análisis y diseño de elementos de madera.....	35
3.2.12	Estabilidad lateral de elementos rectangulares de madera.....	36

3.2.13	Pandeo Lateral en Vigas y Viguetas de madera.....	37
3.2.14	Esfuerzos a flexión.....	38
3.2.15	Deflexiones en vigas.....	40
3.2.15.1	Deflexiones admisibles.....	41
3.2.15.2	Deflexiones diferidas.....	42
3.2.15.3	Esfuerzos de corte.....	43
3.2.16	Armaduras de madera.....	43
3.2.16.1	Espaciamiento entre armaduras.....	45
3.2.16.2	Configuración interna de las armaduras.....	45
3.2.16.3	Tipos de elementos de las armaduras.....	45
3.2.16.4	Cargas en armaduras.....	46
3.2.16.5	Deflexiones en armaduras.....	46
3.2.16.6	Criterios de diseño de armaduras.....	47
3.2.16.7	Hipótesis de cálculo de armaduras.....	47
3.2.16.8	Longitud efectiva l_{ef} de los elementos de una armadura.....	47
3.2.16.9	Esbeltez de los elementos de una armadura.....	48
3.2.16.10	Cargas admisibles en uniones sometidas a cizallamiento.....	49
3.2.16.11	Espesores mínimos y penetración de los clavos.....	49
3.2.16.12	Espaciamiento mínimo en clavos en elementos de madera.....	51
3.2.16.13	Esfuerzos admisibles en elementos sometidos a compresión.....	54
3.2.16.14	Elementos sometidos a tracción.....	57
3.2.16.15	Elementos sometidos a flexo-compresión.....	57
3.2.16.16	Elementos sometidos a flexo-tracción.....	58
3.3	Bases legales.....	59
3.3.1	para el Diseño de Estructuras de Madera (MOP 1955).....	59
3.3.2	de Diseño para Maderas del Grupo Andino.....	60
3.4	Definición de términos básicos.....	60
CAPITULO IV.....		63
METODOLOGÍA DEL TRABAJO.....		63
4.1	Tipo de Investigación.....	63
4.2	Según el propósito.....	64
4.3	Según la estrategia.....	64
4.4	Población y Muestra.....	65
4.4.1	Población.....	65
4.4.2	Muestra.....	66
4.5	Fases de la metodología de trabajo.....	66
4.5.1	Fase I: Planeación del trabajo.....	66
4.5.2	Fase II: Investigación documental y de campo.....	67
4.5.3	Fase III: procesamiento, análisis de la información y resultados.....	67

4.5.4	Fase IV: alternativas de solución, conclusiones y recomendaciones	67
4.6	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	68
4.6.1	Técnicas de Recolección de Datos	68
4.7	Instrumentos de Recolección de datos	69
CAPÍTULO V		71
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS		71
5.1	Identificación de las especies y características de la madera de uso estructural disponibles en Venezuela y cómo influyen sus características en las propiedades mecánicas.	71
5.1.1	Maderas latifoliadas	71
5.1.2	El Pino Caribe	71
5.2	Ventajas y desventajas tanto económicas como técnicas del uso de la madera como material estructural.....	72
5.3	Análisis de las diferentes normas actuales aplicables al cálculo de estructuras de madera.	73
5.4	Identificación de las metodologías para el análisis de estructuras de madera utilizadas en edificaciones.....	75
5.5	Aplicación de la metodología de cálculo ASD a los principales elementos estructurales del techo del Museo Geológico.	76
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		87
Conclusiones		87
Recomendaciones.....		90
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y ELECTRÓNICAS		91
APÉNDICES		93
ANEXOS		102

LISTA DE FIGURAS

Figura N°	Pag.
2.1	Vista actual pabellón GEOS-VENEZUELA, museo Geológico.....12
2.2	Vista actual pabellón GEOS-MUNDO, museo Geológico12
2.3	Vista de la ubicación general del Museo Geológico de la escuela de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar13
2.4	Ubicación de los pabellones GEOS-MUNDO y GEOS-VENEZUELA en el campus de la Sabanita.14
2.5	Acceso al Museo Geológico GEOS-MUNDO y GEOS-VENEZUELA en el campus de la Sabanita.15
3.1	Estructura del árbol de madera. Fuente: http://imagenes.flordeplanta.com.ar/wpcontent/uploads/2011/05/injerto_tocon_de_rama_cambium.jpg30
3.2	Arriostramientos en elementos de sección rectangular sometidos a cargas transversales.....37
3.3	Distribución de esfuerzos normales producidos por flexión39
3.4	Deflexión en elemento de madera sometido a flexión.....41
3.5	Deformaciones totales en flexión.....43
3.6	Pendientes en techos con armaduras44
3.7	Armaduras con elementos simples y dobles46
3.8	Longitudes para el cálculo de la longitud efectiva.....48

3.9	Espesores mínimos y penetración de clavos sometidos a cizallamiento simple	50
3.10	Espesores mínimos y penetración de clavos sometidos a cizallamiento doble.....	51
3.11	Espaciamiento mínimos de elementos cargados paralelamente a la fibra	52
3.12	Espaciamiento mínimos de elementos cargados perpendicularmente a la fibra.....	53
3.13	Espaciamiento mínimos en uniones a doble cizallamiento.....	54
4.1	Etapas de la metodología de trabajo. Elaboración propia (2022).....	68
5.1	Detalles Armaduras	77
5.2	Cargas actuantes sobre las correas.....	79

LISTA DE TABLAS

Tabla N°	Pag.
2.1	Ubicación Geográfica del Área en estudio13
3.1	Factores de reducción considerados.....26
3.2	Esfuerzos admisibles según clase de madera27
3.3	Módulos de elasticidad de la madera28
3.4	Esfuerzos últimos en madera de Coníferas28
3.5	Esfuerzos admisibles en madera de Coníferas28
3.6	Deflexiones totales máximas admisibles42
3.7	Cálculo de Longitud efectiva en elementos de madera49
3.8	Espaciamientos mínimos para cizallamiento simple o doble cizallamiento clavado desde un solo lado.....52
3.9	Espaciamientos mínimos para cizallamiento simple o doble cizallamiento con pretaladrado o doble cizallamiento simétrico.53
5.1	Esfuerzos admisibles en madera de Coníferas (Pino Caribe).....80
5.2	Resumen esfuerzos máximos en armadura (SAP-2000).....82

INTRODUCCION

En el campo de la ingeniería estructural, a nivel de pregrado en las aulas de clase nos enseñan la utilización de normas y procedimientos para el diseño de elementos de concreto y acero, pero muy poco sobre el diseño de elementos estructurales de madera, ya que en Venezuela es actualmente un material subutilizado, aun teniendo grandes bosques como en el caso de Uverito en el estado Monagas, el cual es una alternativas en el uso de materiales que presentan una biodegradación controlada por efecto de la reforestación, de donde se extraes el pino Caribaea var. hundarensis el cual produce una madera cuya calidad permite uso estructural a la cual se la aplicará la metodología ASD, para verificar los esfuerzos y que estos cumplan con los parámetros de diseño.

El uso de estos materiales ha tenido un lento pero sostenido progreso, en cuanto de la obtención de maderas para la construcción, hasta el procedimiento y controles necesarios tener en cuenta al momento en su elaboración por lo que los ensayos de los materiales juega un papel preponderante en la estimación de los parámetros de resistencia mecánica a ser utilizados en la presente metodología.

Términos como paralelo a la fibra, perpendicular a la fibra, esfuerzos de compresión, esfuerzos de tensión, esfuerzos de flexión y deflexión de los elementos estructurales, necesitan ser comprendidos y aplicados correctamente para la determinación de este tipo de análisis.

La investigación comprende las siguientes fases para la averiguación de la naturaleza del problema y la propuesta de solución:

Capítulo I. Situación a investigar: se plantea la necesidad de conocer las propiedades mecánicas de la madera cornifera pino Caribaea var. hondurensis, para

poder realizar los estudios tendientes a obtener el diseño de los elementos estructurales de madera, como se obtiene y que beneficios proporciona su uso.

Capítulo II. Generalidades: describe la ubicación y acceso al área de estudio, además de las generalidades climáticas, geológicas e hidrológicas de la zona de estudio, constituida por el Campus San Rafael de la Universidad de Oriente, en la Parroquia La Sabanita de Ciudad Bolívar, y que reflejan la naturaleza de la zona en estudio.

Capítulo III. Marco teórico: menciona los antecedentes de la investigación, y establece las bases teóricas necesarias para comprender el procedimiento técnico a utilizarse para la estimación de los parámetros utilizados para el diseño de correas de techo y armaduras de madera.

Capítulo IV. Metodología de trabajo: establece la metodología a seguir para encaminar la investigación a los objetivos planteados, y los instrumentos a usar para medir las variables del estudio.

Capítulo V. Análisis e interpretación de resultados: expone los resultados de los objetivos de la investigación, y que fueron determinados siguiendo la metodología planteada en el Capítulo IV.

Se agregan, además, los Apéndices y Anexos que apoyan la exposición de la información que en los Capítulos anteriores se ha podido recopilar.

CAPITULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del Problema

La madera y la piedra han sido los materiales más utilizados en la construcción de estructuras de todo tipo.

Sin duda es la simplicidad del concepto la clave del éxito de estos dos materiales que, en el contexto de la evolución natural, han sobrevivido como elementos estructurales indispensables. En el mismo concepto de la evolución, si nos centramos en la evolución del ser humano, descubrimos que también estos dos materiales acompañan a toda civilización hasta nuestros días, sobreviviendo incluso a la aparición de nuevos y revolucionarios materiales como metales, plásticos y otros productos sintéticos. En definitiva, la piedra y la madera siempre han estado ahí para resolver las más elementales y las más sofisticadas necesidades de soporte, no sólo del hombre sino de la naturaleza entera.

En la actualidad podría decirse que la edificación ha dado un gran giro, quizás más de concepto que en lo relativo a sus fundamentos. Los nuevos materiales de propiedades espectaculares y los medios técnicos tan evolucionados han permitido el desarrollo de proyectos de gran envergadura. Pero incluso, a pesar de esta evolución, la piedra y la madera siguen siendo los materiales por excelencia y, aludiendo a su simplicidad de concepto, siguen siendo una solución no sólo viable sino ventajosa para muchas de las necesidades estructurales.

La madera es un material noble, que con el paso de los años ha perdido su valor como material en la construcción por lo cual ha tenido una menor demanda en nuestro país. En este momento debido a varios factores medioambientales y

económicos se está promoviendo estratégicamente su uso, para que en el futuro se extienda e innove tanto en estructuras livianas y de mayor tamaño, desarrollar una mayor cantidad de estructuras de madera maciza y productos de madera de ingeniería para la construcción, además de aumentar sistemas de construcción híbridos con su incorporación.

En Venezuela se utiliza el cálculo de elementos de madera basada en el método de tensiones admisibles (ASD) la cual trabaja con un porcentaje apropiado de su capacidad total, pero sabemos que la condición de trabajo por tensiones admisibles tiene mucho de especulación teórica. Ahora en algunos países como Brasil, Nueva Zelanda, países Europeos y EEUU han optado por el método a la rotura LRFD donde su objetivo principal es proveer una confiabilidad uniforme a las estructuras bajo varias consideraciones de carga. Este método permite hacer un análisis más ajustado de la realidad de la estructura, además considera hechos estadísticamente relevantes como por ejemplo que las acciones sean aleatorias.

La madera como material estructural presenta varios problemas que no enfrentan ni el acero ni el hormigón, una de las principales razones de esto se debe a que es un material heterogéneo. Las propiedades físico-mecánicas que posee una especie pueden variar debido a una serie de factores entre los cuales se destacan: sitio, condiciones de crecimiento, edad, altura, deterioro por agentes bióticos y abióticos. Por lo anterior las características de la madera varían dentro de una misma especie e incluso entre individuos de la misma especie.

Tradicionalmente en Venezuela la mayoría de las edificaciones se construyen usando materiales no renovables. Esto resulta paradójico en un país como el nuestro que posee un gran sector forestal, y una región como la de Uverito donde existen grandes plantaciones industriales de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Sin embargo, no se construye con este abundante material, renovable y sustentable que presenta

muchas ventajas en lo económico debido a su menor costo y estructural por su buena resistencia, bajo peso y excelente comportamiento sísmico.

En Ciudad Bolívar, existe un número importante de edificaciones construidas en piedra y madera desde el siglo XVIII y XIX, las cuales forman parte del patrimonio como Monumentos Histórico-cultural de nuestra región, protegidas por la Ordenanza sobre Centro Histórico de Ciudad Bolívar y la Ley de Protección y Defensa del Patrimonio Cultural y su Reglamento, contemplados en el Catálogo del Patrimonio Cultural Venezolano.

El Catálogo del Patrimonio Cultural del Municipio Heres del Estado Bolívar (2004), el cual contiene registro del acervo cultural, de acuerdo a la Ley de Protección y Defensa del Patrimonio Cultural, establece lo siguiente sobre el Museo de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar:

Conjunto de varias edificaciones localizadas en el Sector La Sabanita, inmediaciones de la Universidad de Oriente. Están enclavadas en un paraje de importancia cultural y ambiental puesto que este sector es una porción de "El Morichal de San Rafael", el cual constituyó en el pasado un área de descanso y recreación de la ciudad, entre finales del siglo XIX y principios del XX. Dicho conjunto pudiera relacionarse con un antiguo campamento de oficinas de una empresa, tal vez minera. Las edificaciones se pueden asociar a la tipología antillana, a partir de sus características constructivas y el uso de materiales como madera y zinc. Destacan en las fachadas ornamentos calados, celosías, pisos de mosaicos, y en algunos casos cielos rasos de metal con relieves, e incluso se

pueden observar evidencias del antiguo sistema eléctrico por conductores cerámicos.

En Ciudad Bolívar, estado Bolívar, el Museo Geológico y Minero José Baptista Gomes del Núcleo Bolívar de la Universidad de Oriente, venía funcionando desde el año 1972, el cual contaba con el pabellón de Geociencias Venezuela, el pabellón Geo Mundo y el taller escuela de talla de diamantes, los cuales contaban con una gran variedad de minerales y rocas, con una pequeña colección de fósiles de todo el territorio nacional.

En los últimos siete años ha sido objeto de un constante de un robo permanente de sus posesiones, así como el desmantelamiento de su estructura, la cual es considerada patrimonio histórico de la ciudad.

Lo anteriormente expuesto nos lleva a realizarnos las siguientes preguntas, con mira a los procedimientos ingenieriles para la rehabilitación de la estructura de madera de los pabellones del museo Geológico y Minero de la Escuela de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, las cuales forman parte de las premisas consideradas en este estudio: ¿Cuáles son las condiciones actuales que presenta la estructura de madera de los pabellones del Museo? ¿Es posible actualmente utilizar la misma madera que se usó en la estructura original? ¿Cuál sería el planteamiento estructural en caso de utilizarse una madera diferente? ¿Cuales son las normas aplicables en Venezuela para el diseño de estructura de madera en edificaciones?

1.2 Objetivos de la Investigación

1.2.1 Objetivo General

Proponer un diseño estructural en madera de pino caribaea para la rehabilitación del Museo Geológico de Ciencias de la Tierra del Núcleo Bolívar de la Universidad de Oriente, Ciudad Bolívar, Municipio Angostura del Orinoco del estado Bolívar.

1.2.2 Objetivos Específicos

1. Identificar las especies y características de la madera de uso estructural disponibles en Venezuela y cómo influyen sus características en las propiedades mecánicas.
2. Establecer las ventajas y limitantes tanto económicas como técnicas del uso de la madera como material estructural.
3. Analizar las diferentes normas actuales aplicables al cálculo de estructuras de madera.
4. Identificar las metodologías para el análisis de estructuras de madera utilizadas en edificaciones.
5. Aplicar la metodología de cálculo ASD a los principales elementos estructurales del Museo Geológico, utilizando madera de pino caribaea.

1.3 Justificación de la investigación

El grave deterioro que ha tenido la estructura del museo geológico minero de la Universidad de Oriente en el Núcleo Bolívar, debido entre otras cosas al desvalijamiento del que ha sido objeto y a la falta de mantenimiento en los diferentes elementos de madera.

Para el año 1945 el consorcio Norteamericano State Steel Corporation, asigna a Mack Clayton Lake, la responsabilidad de explorar a sectores que comprenden desde el delta del Orinoco hasta el Estado Apure con asentamiento en Ciudad Bolívar, en el Campo de la Sabanita, desde donde se coordina el acondicionamiento de la trocha que conduce a la Parda (Cerro Bolívar) para el traslado de maquinarias pesadas. Así inicia sus acciones la empresa Oliver Mining Company que posteriormente se convirtió en la Iron Mining Company.

Tas edificaciones fueron traspasadas por la Orinoco Mining Company la Universidad de Oriente el 28 de julio de 1961 según lo contempla Luis Emilio Hurtado Zorrilla (Cronista de Ciudad Piar).

El terreno donado ocupa 91.000 m², donde está, incluidos 26 edificios dotados de todos los servicios, espacio donde se planificaron las acciones para explotar el mineral de hierro localizado por Mack Clayton Lake en el cerro La Parida (Bolívar) el 4 de abril de 1947.

Por todo lo anteriormente descrito, se justifica el proyecto desde los siguientes puntos de vista:

a) Desde el punto de vista teórico, este proyecto permitirá recabar información sobre el estado actual de la estructura existente.

b) Desde el punto de vista técnico, el proyecto aportará como beneficio las ventajas que posee la madera como material en la elaboración de estructuras de edificaciones, ya sean nuevas o existentes.

c) Desde el punto de vista social, el proyecto es relevante en el área de Ingeniería Civil, porque permite aplicar herramientas prácticas para lograr optimizar los procesos de mantenimiento y rehabilitación de edificaciones cuyas estructuras son de madera, como un material biodegradable y renovable, amigables con el medio ambiente.

Sin embargo las metodologías constructivas han evolucionado. Las tecnologías aplicadas al uso de la madera no son precisamente las que se utilizaron en el pasado y por ello se presenta como una alternativa para arquitectos y constructores retomar la utilización de un material que se ha sido excluido del ámbito estructural pero que sin duda posee características térmicas, acústicas, mecánicas o estéticas que beneficiarían a las edificaciones, como lo es el caso de la madera de pino caribaea var. hondurensis, de la plantación de los bosques de Uverito, al sur de los estados Anzoátegui y Monagas.

1.4 Alcance de la investigación

Con este proyecto, se pretende determinar las condiciones actuales que presenta la estructura de techo de madera del Museo Geológico del Núcleo Bolívar de la Universidad de Oriente, ubicado en el sector San Rafael de la Parroquia Sabanita de Ciudad Bolívar, Municipio Angostura del Orinoco, con la finalidad de realizar una propuesta para su recuperación. A continuación se enfoca en términos concretos, área de interés, se especifican sus alcances y se determina sus límites de la siguiente manera:

a. Delimitación Espacial: Se desarrollará en los pabellones del Museo Geológico de la Universidad de Oriente.

b. Delimitación Temporal: se contempla en el periodo o lapso de diciembre de 2021 a abril de 2022 para realizar la investigación.

c. Delimitación del Universo: la población objeto de estudio estará constituida por las edificaciones consideradas patrimonio histórico de la ciudad, cedidas a la Universidad de Oriente por la antigua Iron Maning Company.

1.5 Limitaciones de la investigación

Las limitaciones a las que podría estar expuesto el curso de la investigación estaría relacionada con la fidelidad y veracidad de los datos obtenidos en el proceso de investigación documental.

El proyecto presenta limitaciones relacionadas en:

- Falta de información referente al estudio de las propiedades mecánicas de la madera de pino caribaea var. hondurensis (Pino Caribe), y de tablas y normas aplicables para su utilización como madera estructural, para complementar el trabajo.
- Dificultad en la obtención de información relevante sobre los planos estructurales originales de las edificaciones que sirven de sede al museo Geológico.
- Cartografía desactualizada de la zona urbana del sector que abarca la investigación.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Descripción

Las edificaciones del museo Geológico del núcleo Bolívar de la Universidad de Oriente, se encuentran conformadas por viejas casonas cedidas por la Iron Maning Company. Estas casonas sirvieron de asiento a las oficinas de dicha empresa al inicio de la explotación de hierro en el cerro conocido hoy como Cerro Bolívar en el Municipio Angostura, cercano a Ciudad Piar. Estas casonas fueron realizadas bajo técnicas y metodologías constructivas norteamericanas, utilizando madera como elemento estructural para el soporte de los techos livianos, compuestos en su mayoría de láminas de Asbesto.

Estas estructuras han sido sometidas a un constante dismantelamiento por parte de personas ajenas a la institución, hasta el punto de desmontar casi en su totalidad los techos, siendo objeto de vandalismo, pero que a su vez permiten observar claramente el estado en que se encuentran los principales elementos estructurales del techo, llamando la atención que a pesar de los años de construido que presentan las mencionadas estructuras y al poco mantenimiento recibido, estos aun presentan condiciones regulares y se pueden apreciar su conformación estructural conformadas por correas de techo apoyadas sobre armaduras sencillas de madera clavadas, apoyadas sobre elementos tales como columnas y arriostramientos de concreto reforzado.

Esto ha motivado el presente trabajo de investigación, sobre cuáles son las normas aplicables a este tipo de construcción y las tipologías estructurales más usuales utilizadas para el diseño de elementos estructurales de madera, conformadas

por correas y armaduras, así como el tipo de madera utilizada, para determinar la posibilidad de utilización de madera de pino caribaea var. hondurensis en la recuperación de los techos existentes.



Figura 2.1 Vista actual pabellón GEOS-VENEZUELA, museo Geológico



Figura 2.2 Vista actual pabellón GEOS-MUNDO, museo Geológico

2.2 Ubicación Geográfica del área en estudio

El Museo Geológico se encuentra conformado por tres pabellones, el pabellón de GEOS-MUNDO, el pabellón de GEOS-VENEZUELA y el pabellón de la Escuela de Talla de Diamantes. Los mismos se encuentran ubicados dentro del Campus San Rafael de la Escuela de Ciencias de la Tierra del Núcleo Bolívar de la Universidad de Oriente. En Ciudad Bolívar, Municipio Angostura del Orinoco del Estado Bolívar.

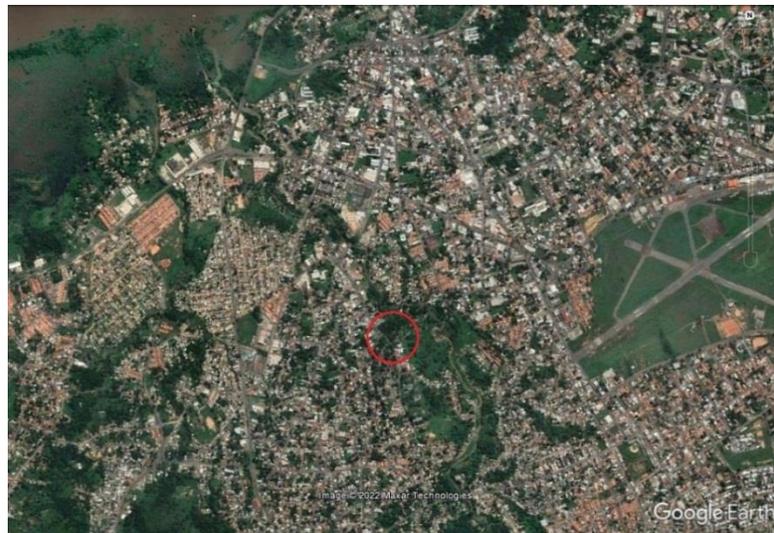


Figura 2.3 Vista de la ubicación general del Museo Geológico de la escuela de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar

El área en estudio se encuentra ubicada en la calle San Simón, en la Parroquia La Sabanita de Ciudad Bolívar en las siguientes coordenadas geográficas:

Tabla 2.1 Ubicación Geográfica del Área en estudio

UBICACIÓN GEOGRÁFICA		
	Norte	Oeste
Museo Geológico	08° 07' 9,38''	63'' 33' 15,40''

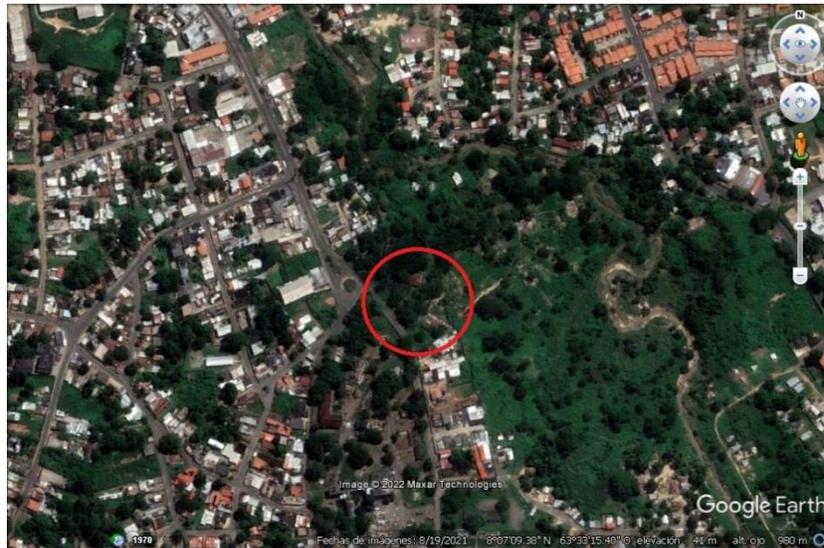


Figura 2.4 Ubicación de los pabellones GEOS-MUNDO y GEOS-VENEZUELA en el campus de la Sabanita.

2.3 Acceso al área de estudio

El acceso al área de estudio se realiza desde el norte a través de la avenida Sucre en su intersección con la avenida República. Desde el sur por la calle San Simón desde el sector las campiñas, en su empalme con la avenida Nueva Granada

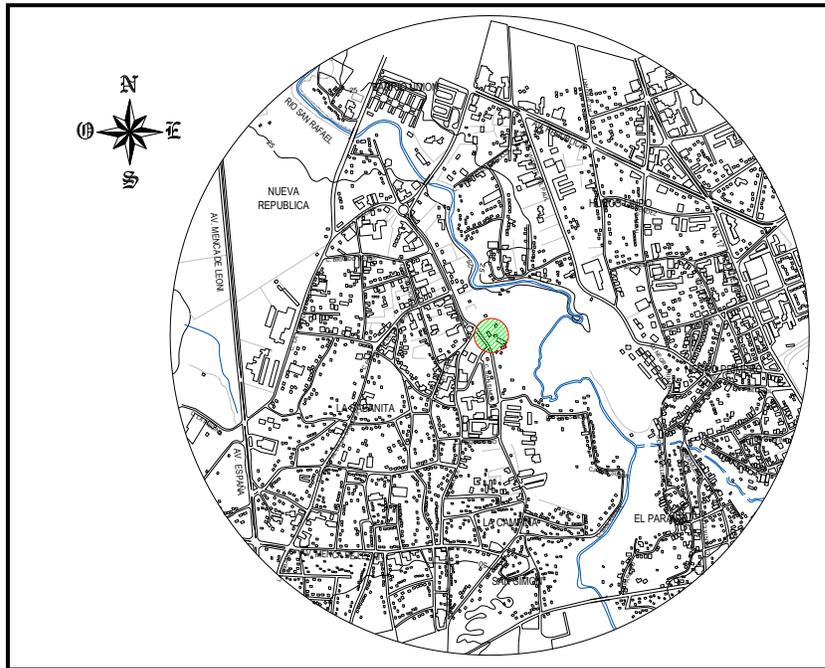


Figura 2.5 Acceso al Museo Geológico GEOS-MUNDO y GEOS-VENEZUELA en el campus de la Sabanita.

2.4 Características físicas y naturales

2.4.1 Geología

El área de estudio se localiza en el Escudo de Guayana, específicamente al norte del Cinturón Granítico de la Provincia de Imataca, conformada por una llanura aluvial en la franja paralela al Río Orinoco.

Localmente en el área se distinguen tres unidades litológicas, representadas de más antigua a más joven por el Complejo de Imataca, que conforman colinas

redondeadas sobre las cuales está ubicado el Casco Histórico, la Formación Mesa que produce un paisaje de pendientes suaves, y los sedimentos recientes.

El suelo en el área de estudio se encuentra constituido por rocas ígneas de la Sierra Imataca, correspondiente al basamento del Escudo de Guayana y a los cuales se les asigna una edad precámbrica, y por rocas sedimentarias pertenecientes a la formación mesa de edad plioceno - pleistoceno.

La ciudad presenta una gran estabilidad tectónica, porque está ubicada sobre las rocas ígneas del escudo Guayanés, que corresponden al Precámbrico, las formaciones geológicas más antiguas y estables de nuestro planeta.

La geología local de la ciudad se encuentra bajo el Complejo Geológico de Imataca, la Formación Mesa y los Sedimentos o Aluviones Recientes.

Es de resaltar, que el “Complejo Geológico de Imataca en Ciudad Bolívar, se encuentra cubierto casi en su totalidad por sedimentos detríticos pertenecientes a la Formación Mesa y en menor proporción de sedimentos y aluviones recientes”, (Kalliokoski, 1965).

Bajo condiciones de abundantes precipitaciones periódicas, la formación ha sido erosionada para formar cadenas espectaculares de cárcavas. “Los sedimentos y Aluviones Recientes, son sedimentos con una constitución limo-areno-arcillosa, bastantes sueltos y sumamente porosos. Estos son arrastrados y depositados por las aguas de escorrentía, el viento y los ríos urbanos de la ciudad, constituyendo geomorfológicamente planicies aluvionales que representan las áreas de inundación de las cuencas urbanas de Ciudad Bolívar”, (Kalliokoski, 1965).

Cabe resaltar, que la Formación Mesa es fácilmente erosionable, pudiéndose inducir el desencadenamiento de procesos erosivos intensos, activándose el agente morfogénico que se activa periódicamente debido al escurrimiento superficial, manifestándose una acción difusa y concentrada en la formación de cárcavas (Kalliokoski, 1965).

Figura 2.7 Mapa geológico generalizado del escudo de Guayana mostrando la ubicación y extensión de la provincia de Imataca (Mendoza P., 2002).

2.4.2 Altitud

Ciudad Bolívar, está localizado a 54 metros de altitud sobre el nivel del mar, ubicándose al sur de este del río Orinoco y a 422 km de su desembocadura, en esta parte la más angosta del río.

2.4.3 Temperatura

La temperatura es una magnitud física que expresa el nivel de calor, ya sea de un cuerpo, de un objeto o del ambiente. Dicha magnitud está vinculada a la noción de frío (menor temperatura) y caliente (mayor temperatura). En Ciudad Bolívar la temperatura promedio oscila entre los 27° C y 31° C, esta variedad climática es representada por las temporadas de lluvia y sequía, presentando en altas y variadas formas (Figura 2.4).

2.4.4 Precipitación

En Ciudad Bolívar se observa gran cantidad de lluvias por las altas temperaturas que causan una fuerte evaporación, arribando unos 1022 mm anuales. Estas altas cantidades, favorecen la presencia de ríos de gran volumen como el Orinoco y otros ríos menores. Y a su vez la precipitación produce escorrentía que afecta el suelo y llega a producir cárcavas que pueden ser impedimentos al momento de realizar algún proyecto.

2.4.5 Vientos

La variación de los climas del extenso territorio viene determinada por la altitud y los vientos dado que la latitud (entre los 4° y 8° de latitud Norte) lo sitúa totalmente en la franja ecuatorial. Las tierras del norte bajas y sometidas a la influencia de los vientos del este y noreste se caracterizan por una época de lluvia y otra de sequía ambas muy marcadas; las tierras del sur reciben vientos cargados de humedad de la depresión amazónica y del sudeste que se condensan al contacto de las elevaciones produciendo intensas lluvias superiores a los 1600 mm.

2.4.6 Clima

De acuerdo con la clasificación climática de Koeppen en el Estado Bolívar, están presentes los siguientes tipos de clima: el clima Af (clima de selva), el clima Am (clima tropical tipo monzónico) y el clima Aw (clima de sabanas). Ciudad Bolívar se encuentra ubicada al Norte del paralelo 6°, por lo tanto en la zona con clima de sabanas, caracterizada por tener altas temperaturas todo el año; por una estación lluviosa (invierno) que domina desde mayo hasta noviembre, y otra de sequía (verano) que domina desde diciembre hasta abril. Ambas estaciones sufren variaciones en su régimen (MINFRA, 2006) (C.V.G Técnica Minera C.A, 1.991).

2.4.6.1 Precipitación.

La distribución espacial de las precipitaciones varía sensiblemente de Este a Oeste y de Norte a Sur, y en general la pluviosidad aumenta a medida que se avanza al Sur y al Este. Al Norte existe una precipitación moderada desde Mayo a Septiembre; las lluvias más fuertes se presentan entre Junio y Julio, y van disminuyendo en intensidad hasta alcanzar la mínima entre Noviembre y Marzo.

El promedio de precipitación varía entre los 1.000 y 1.500 milímetros para la zona Norte y la Cuenca del Caroní; en la zona Sur el promedio varía entre los 2.000 y 2.800 milímetros. (MINFRA, 2006)

2.4.6.2 Evaporación.

La media anual de evaporación para Ciudad Bolívar y sus alrededores se ubica en 137,27 mm, mientras que el total anual oscila alrededor de 1.647,19 mm. Los meses de Mayor evaporación van desde Enero hasta mayo con máximos durante Marzo (206,25 mm) y Abril (181,63 mm) debido a las altas temperaturas, la mayor cantidad de horas de brillo solar, la baja humedad relativa así como también al sensible aumento de la velocidad del viento. La evaporación registra su valor más bajo durante los meses que van desde Junio hasta Agosto, con mínimos en julio (88,88 mm) y Agosto (91,63 mm).

2.4.6.3 Temperatura media del aire.

La media anual se estima en 27,6° C, la máxima anual en 28,5° C y la mínima anual en 26,7° C. El máximo principal ocurre en el mes de Abril (28,8° C), mientras que los valores mínimos de temperatura media se registran en los meses de Enero (26,7° C), Julio (26,8° C) y Diciembre (26,9° C).

2.4.6.4 Radiación solar media.

El área de estudio recibe una radiación solar promedio anual equivalente a 16,1 Cal/cm².min.

La radiación solar presenta una distribución bimodal en el año, con valores máximos en marzo (17,48 Cal/cm².min), abril (17,40 Cal/cm².min) y Septiembre (17,25 Cal/cm².min) coincidiendo con las épocas de equinoccios de primavera y de otoño, respectivamente.

2.4.6.5 Humedad relativa media.

La media anual se ubica en 78,3%. Los valores máximos de humedad relativa se presentan durante los meses de Junio (83,0%), Julio (83,8%) y Agosto (82,0%), es decir, durante los meses de mayor precipitación; mientras que los valores mínimos se alcanzan en la época de Febrero (75,2%), Marzo (71,8%) y Abril (71,4%).

2.4.6.6 Velocidad media del viento.

La velocidad media anual predominante, determinada a 0,65 metros sobre el suelo, es de 12 Km/h y su dirección prevaleciente es en sentido Este-Noreste (ENE). La velocidad del viento es menor de Julio a Octubre, con mínimo en Agosto (8,0 Km/h), y se hace máxima durante el mes de Marzo (16,5 Km/h).

2.4.7 Vegetación

La vegetación es, en un resumen, una típica vegetación guayanesa-amazónica en el cual, vemos la vida de varios seres, tanto como plantas, como animales, estos son típicos en la Guayana principalmente, y minoritariamente típicos del amazonas, pero, algo interesante, es que Ciudad Bolívar se ve relativamente industrializado,

tiene una gran cantidad de plantas como animales, tanto afuera como adentro de la ciudad. Se pueden contemplar morichales, chaparrales. Especies como árboles Carob, la sarrapia, el merecure, entre otros. Las especies más abundantes son la Paja Peluda (*Tracgipogonplumosus*), Escobilla (*Scopariadulcis*), Dormidera (*Mimosa dormiens*), Cadillos, entre otras. Y por la vegetación arbustiva que está constituida por arboles de 2 a 4 mts de altura, los principales representantes son el Chaparro (*Curatera Americana*), Manteco (*ByrsominiaClassifolia*), Merey (*Anarcadium Occidentale*), Alcornoque (*BowdichiaVirgiloides*), Mandinga (*Roupals Complicata*), y en proporción menor se encuentra mango (*Mangifera Indica*), etc.

De acuerdo con la clasificación ecológica por el método de Holdridge, el Estado Bolívar, corresponde a Bosques, asociados a la presencia de tierras bajas ubicadas por debajo de los 100 metros sobre el nivel del mar, en este caso representada por los bosques de galería ubicados en las márgenes del Río Orinoco los cuales forman una asociación edáfica siempre verde, monoestratificada, con las raíces en la zona de saturación de humedad, con una altura hasta los 25metros. Al Sur de Ciudad Bolívar están presentes formaciones herbáceas caracterizadas por ser unas formaciones vegetales monoestratificada donde predominan gramíneas perennes y dispuestas en macollas, exentas casi totalmente de elementos arbóreos o arbustivos, aunque pueden ser interrumpidas con la presencia de morichales y bosques de galerías. (MINFRA, 2006)

Debido a los grandes usos establecidos por diferentes usos de la tierra la vegetación del área no corresponde a un patrón homogéneo, existiendo gran cantidad de especies invasoras e introducidas que han alterado definitivamente la composición florística natural. Entre las especies predominantes se presenta el lirio de agua o bora (*Eichhorniacrassipes*); especies rebalseras como el geranio rebalsero, el guayabo rebalsero y el chaparrillo rebalsero (Dirección de Ambiente de la Gobernación del estado Bolívar, 2.001).

2.4.8 Hidrografía

La hidrografía de la zona en estudio se encuentra constituida por un sistema muy activo, y cuyo principal colector es el río Orinoco. También la integran otros ríos y cuerpos de agua como Cañafístola, San Rafael y Buena Vista.

CAPITULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes de la investigación

Zambrano T., Carolina A. (2012), presentó su trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Civil, ante la Universidad Austral de Chile, titulado “Diseño de Madera de Pino Radiata a Través del Método LRFD y su Aplicación a una Estructura de Madera” . En el mismo se determinan las ventajas y las diferencias que se presentan entre los métodos LRFD frente al método ASD, en el cálculo estructural de los elementos principales de una estructura real, tomando en cuenta todas las solicitaciones que la afectan.

Igualmente Salazar A., Victor H. (2014), realizó un Trabajo de Grado para obtener el título de Ingeniero Civil, ante la Universidad de Especialidades Espíritu Santo; titulado “Vivienda con Estructura de Madera en la Ciudad de Guayaquil”, el cual tiene como finalidad identificar las especies y características de la madera de uso estructural disponibles comercialmente en la ciudad de Guayaquil y definir las metodologías constructivas utilizadas en viviendas con estructuras de madera.

Como contribución a la investigación se realizó una extensa revisión documental sobre la teoría que se aplica al diseño de elementos estructurales, así como la tipología de las maderas utilizadas en Venezuela y sus características, físicas y mecánicas, las cuales servirán de base a la investigación.

En el proceso de recuperación de las instalaciones de la Escuela de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Oriente en el Núcleo Bolívar, es necesario considerar la inclusión de las casonas cedidas por la Iron Mining Company a la Universidad de Oriente, por encontrarse protegidas por la Ley de Patrimonio Público, dentro del

Catálogo de Patrimonio Histórico del Municipio.

3.2 Bases Teóricas

3.2.1 Métodos de diseño para elementos estructurales de madera

Las especificaciones nos llevan al uso de los procedimientos del ASD (también conocida como diseño de esfuerzos admisibles o diseño de esfuerzos de trabajo) y LRFD, el cual se basa en los conceptos de estados límites, se usa para describir una condición en la que una estructura o parte de ella deja de cumplir su pretendida función para el diseño de miembros estructurales de madera y sus conexiones.

Aunque la tendencia es hacia el diseño bajo resistencia última o diseño límite resistente (LRFD), aún existe poca adaptación a esta metodología por lo que aún se permite la utilización del Método de Esfuerzos Admisibles (ASD) como práctica común, reduciendo la resistencia en vez de incrementar las cargas.

3.2.2 Combinaciones de carga (ASD)

Las estructuras deben diseñarse para soportar todas las cargas provenientes de:

- **Peso propio y otras cargas permanentes o cargas muertas:** se considera un estimado apropiado de acuerdo a la densidad del material utilizado, y se incluyen los pesos provenientes del peso de otros componentes de la edificación, estructurales o no.
- **Sobre carga de servicio o cargas vivas:** es decir, todas aquellas cargas que no forman parte del peso propio de la edificación, pero que la

estructura está destinada a resistir.

- **Sobrecargas de sismos, vientos, nieve, temperatura y las producidas por empuje de agua y tierra.**

Donde

C_S	<i>Cargas de servicio</i>
C_P	<i>Las acciones permanentes debidas al peso propio de la estructura, de todo componente de construcción previsto con carácter permanente y de maquinarias adheridas a la estructura y con peso definido. Dentro de estas acciones se deben considerar las originadas por deformaciones impuestas de carácter permanente.</i>
C_V	<i>Las acciones variables debidas a la ocupación, al uso y montaje en pisos. Acciones variables térmicas generadas por equipamientos o funcional, no derivadas de especificaciones normativas. Acciones variables debidas a líquidos, granos o materiales sueltos. Acciones variables debidas a maquinarias y equipos incluyendo las cargas móviles y los efectos dinámicos. Acciones variables debidas al efecto dinámico producido por maquinarias cuyo peso constituye una carga permanente.</i>
C_W	<i>Las acciones variables debidas al viento.</i>
C_S	<i>Carga Accidental de sismo</i>
C_H	<i>Las acciones variables debidas al peso y el empuje lateral del suelo y del agua contenida en el mismo.</i>
C_T	<i>Las acciones variables debidas a deformaciones impuestas sin carácter permanente, tales como la contracción y expansión originadas por variaciones térmicas o en el contenido de humedad.</i>

3.2.3 Esfuerzos admisibles

La teoría o método de esfuerzos admisibles, considera la reducción de la resistencia del material en vez de incrementar las cargas y para ello se considera aplicable un factor de seguridad establecido de acuerdo a los criterios tradicionales para lograr un comportamiento dentro del rango elástico del material, tomando en cuenta que las cargas actuantes se estiman en su valor real, o sea, sin la aplicación de factores de magnificación.

Los esfuerzos admisibles se estiman en función de un factor ponderado, considerando por separado los tipos de esfuerzos modificándolos de la siguiente forma:

$$\text{Esfuerzo admisible} = \frac{FC \times FT}{FS \times FDC} \times \text{Esfuerzo último} \quad (3.3)$$

Donde

<i>FC</i>	<i>Factor de reducción por calidad</i>
<i>FT</i>	<i>Factor de reducción por tamaño</i>
<i>FS</i>	<i>Factor de servicio y seguridad</i>
<i>FDC</i>	<i>Factor de duración de carga</i>

Tabla 3.1 Factores de reducción considerados

Factor	Flexión	Compresión Paralela	Corte Paralelo	Compresión Perpendicular
<i>FC</i>	0,80	-	-	-
<i>FT</i>	0,90	-	-	-
<i>FS</i>	2,00	1,60	2,00	1,60
<i>FDC</i>	1,15	1,25	2,00	-

Considerando los factores de reducción establecidos en la tabla XX, utilizando la fórmula para la determinación de esfuerzos admisibles, tenemos que:

$$\text{Esfuerzo admisible a flexión} = 0,313 \text{ Esfuerzo a flexión último}$$

$$\text{Esfuerzo admisible a Compresión //} = 0,50 \text{ Esfuerzo a Compresión // último}$$

$$\text{Esfuerzo a Compresión } \perp = 0,625 \text{ Esfuerzo a Compresión } \perp \text{ último}$$

$$\text{Esfuerzo a Corte //} = 0,250 \text{ Esfuerzo a Corte // último}$$

Según el Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino, las propiedades mecánicas de las coníferas, son equivalentes a las establecidas para el grupo “C”, que en Venezuela se encuentran representadas por las maderas: carne asada, Mureillo, Samán y Saqui-Saqui; consideradas maderas blandas que en su mayoría eran utilizadas para tablas para encofrados y como elementos no estructurales.

Tabla 3.2 Esfuerzos admisibles según clase de madera

ESFUERZOS ADMISIBLES (kg/cm^2)					
Grupo	Flexión f_m	Tracción paralela f_t	Compresión paralela $f_c //$	Compresión perpendicular $f_c \perp$	Corte paralelo f_v
A	210	145	145	40	15
B	150	105	110	28	12
C	100	75	80	15	8

Tabla 3.3 Módulos de elasticidad de la madera

MÓDULO DE ELASTICIDAD (kg/cm^2)		
Grupo	E_{min}	$E_{promedio}$
A	95.000	130.000
B	75.000	100.000
C	55.000	90.000

Según Blasco, J. y Arriaga, F. (2007), la madera de coníferas presentan diferentes clases resistentes y estas clasificadas de acuerdo a su densidad es la siguiente:

Tablas 3.4 Esfuerzos últimos en madera de Coníferas

Esfuerzos últimos en madera de Coníferas							
Clase	Flexión Kg/cm^2	Tracción paralela Kg/cm^2	Comp. // Kg/cm^2	Comp. ⊥ Kg/cm^2	Cortante Kg/cm^2	Módulo Elasticidad Kg/cm^2	Densidad Kg/m^3
C	468	450	160	55	68	68100	350

Tablas 3.5 Esfuerzos admisibles en madera de Coníferas

Esfuerzos admisibles en madera de Coníferas							
Clase	Flexión Kg/cm^2	Tracción paralela Kg/cm^2	Comp. // Kg/cm^2	Comp. ⊥ Kg/cm^2	Cortante Kg/cm^2	Módulo Elasticidad Kg/cm^2	Densidad Kg/m^3
C	146	113	80	34	17	68100	350

3.2.4 La Madera

Según Anamías (1993), la madera es considerada el material de los troncos y ramas de árboles y arbustos desprovistos de su corteza.

3.2.5 Estructura del árbol

3.2.5.1 Corteza externa

Es la capa más externa del árbol, se encuentra formada por células muertas del mismo árbol.

3.2.5.2 Cámbium

Es la capa que sigue a la corteza y da origen a otras dos capas: la capa interior o capa de xilema, que forma la madera en sí, y una capa exterior o capa de floema, que forma parte de la corteza.

3.2.5.3 Albura

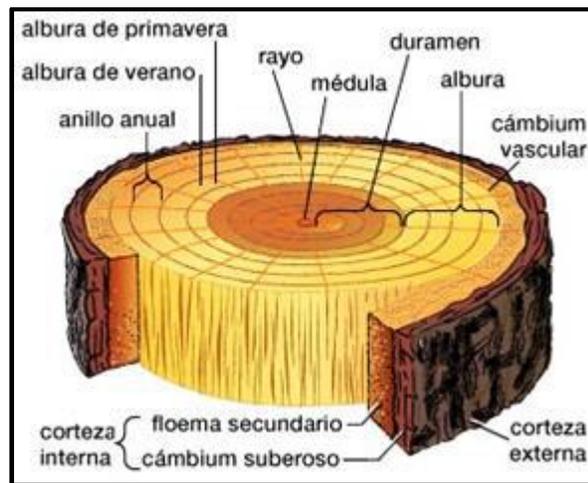
Es la madera de más reciente formación y por ella son transportados la mayoría de los compuestos de la savia, que es una sustancia azucarada. Es una capa más clara que el resto de la madera.

3.2.5.4 Duramen o corazón

Es la madera dura y consistente y se encuentra formada por células fisiológicamente inactivas y se encuentra en el centro del árbol. Es más oscura que la albura y la savia ya no fluye por ella.

3.2.5.5 Médula vegetal

Es la zona central del tronco, posee escasa resistencia, por lo que generalmente no es utilizada.



*Figura N° 3.1 Estructura del árbol de madera.
Fuente: http://imagenes.flordeplanta.com.ar/wpcontent/uploads/2011/05/injerto_tocon_d_e_rama_cambium.jpg*

3.2.6 Características de la madera

Las características de la madera varían de acuerdo a la especie del árbol que provienen, e incluso dentro de la misma especie de acuerdo a las características del lugar de crecimiento y presentan algunas características cualitativas comunes a casi todas las maderas.

La madera es un material anisotrópico en muchas de sus características, por ejemplo en su resistencia o elasticidad.

Si al eje coincidente con la longitud del tronco le nombramos como axial y al eje que pasa por el centro del tronco (médula vegetal) y sale perpendicular a la corteza le llamamos transversal, podemos decir que la resistencia de la madera en el eje axial es de 20 a 200 veces mayor que en el eje transversal.

La madera es un material ortotopo ya que su elasticidad depende de la dirección de deformación.

Tiene un comportamiento higroscopico pudiendo absorber humedad tanto del ambiente como en caso de inmersión en agua, si bien de forma y en cantidades distintas.

La polaridad de la madera le hace afín con otros productos polares como agua, barnices, pegamentos con base de agua.

La densidad de la madera varía notablemente entre especies. Una vez secas, hay especies que apenas alcanzan los 300 kg/m^3 mientras que otras pueden llegar a superar los 1200 kg/m^3 .

3.2.7 Composición de la madera

En composición media se constituye de un 50% de carbono (C), un 42% de oxígeno (O), un 6% de hidrógeno (H) y el 2% restante de nitrógeno (N) y otros elementos.

Los componentes principales de la madera son la celulosa, un polisacárido que constituye alrededor de la mitad del material total, la lignina (aproximadamente un 25%), que es un polímero resultante de la unión de varios ácidos y alcoholes

fenilpropílicos y que proporciona dureza y protección, y la hemicelulosa (alrededor de un 25%).

3.2.7.1 Celulosa

La celulosa es un polisacárido estructural formado por glucosa que forma parte de la pared de las células vegetales. Sus funciones son las de servir de esqueleto a la planta y la de darle una protección vegetal. Es muy resistente a los agentes químicos, insolubles en casi todos los disolventes y además inalterable al aire seco.

3.2.7.2 Lignina

La lignina es un polímero presente en las paredes celulares de organismos del reino plantae y también en las dinofitas del reino chromalveolata. La lignina que significa ‘madera’; así, que a las plantas que contienen gran cantidad de lignina se las denomina leñosas. La lignina se encarga de engrosar el tallo.

3.2.8 Clasificación de la madera

Las maderas pueden clasificarse de muy diversas formas, según el criterio que se considere. Así, podemos clasificarlas atendiendo a su:

3.2.8.1 Dureza

- **Maderas blandas:** cuyos árboles tienen hoja perenne, son resinosos. Ejemplo: pino, ciprés, abeto, cedro, son maderas ligeras, de crecimiento rápido (se observan bien los anillos), de color claro, nudos pequeños, fáciles de trabajar y de bajo coste. Se emplean para trabajos en los que no se necesita gran solidez: embalajes, cajas, tablas, mueble funcional sencillo, pasta de papel.

- **Maderas duras:** cuyos árboles tienen hoja caduca. Ejemplo: roble, castaño, nogal, olmo, caoba. Madera compacta, poca resina y escasos nudos, amplia gama de colores, de mayor densidad, de crecimiento lento (anillos anuales muy juntos, casi no se diferencian), más difíciles de trabajar, y en general de mayor calidad y precio. Se emplean en trabajos de ebanistería, muebles más compactos, instrumentos musicales, interiores de barco, andamios de obra.

3.2.8.2 Según el Grado de Humedad

- **Maderas verdes:** Alto grado de humedad (30 -35%). Maderas recién cortadas que no deben usarse para trabajos, pues al secarse por la contracción se encogen y agrietan.
- **Maderas desecadas:** Se reduce el grado de humedad hasta el 10 – 12% por procesos naturales, apilándolas de manera adecuada y permitiendo que el aire circule entre las tablas para ir reduciendo el exceso de agua.
- **Maderas secas:** Se reduce la humedad hasta el 3% empleando procesos artificiales. Las maderas se secan de forma más rápida por métodos artificiales, en grandes hornos, consiguiendo la dureza y resistencia deseadas.

3.2.9 Criterios de diseño

Para los fines de este trabajo, el criterio de diseño a seguir para elementos de madera y los dispositivos de unión requeridos por las estructuras, estará basado en el Método de los Esfuerzos Admisibles, también conocido internacionalmente como (ASD).

3.2.10 Propiedades mecánicas de la madera

Las propiedades mecánicas de la madera que se contemplarán para fines de diseño, se definirán en base a ensayos según ASTM D143 “Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber” (Métodos de Pruebas Estándares para Pequeñas Probetas Limpias de madera) como sigue:

3.2.10.1 Resistencia a Flexión

Los índices de resistencia a flexión estarán dados por el módulo de elasticidad y el esfuerzo de rotura de la madera. Estos valores varían de una especie a otra y pueden determinarse mediante relaciones esfuerzo-deformación.

3.2.10.2 Resistencia a Compresión Paralela a la Fibra

Esta resistencia estará limitada por el pandeo de las fibras, antes que por la resistencia propia al aplastamiento. Como índice del comportamiento mecánico de la madera en columnas u otros elementos de este material, podrán tomarse las resistencias obtenidas de probetas de 2” x 2” x 8”, sometidas a compresión paralela a la fibra.

3.2.10.3 Resistencia a Compresión Perpendicular a la Fibra

Se tomará como índice de resistencia a la compresión perpendicular a la fibra, el valor del esfuerzo correspondiente al límite de proporcionalidad. En caso de no contar con este valor, se podrá suponer un valor equivalente al 20 por ciento de la resistencia paralela a la fibra.

3.2.10.4 Resistencia a Tracción

La resistencia a tracción paralela a la fibra dependerá de la densidad de la

especie de la madera y de la inclinación de la fibra. Para fines prácticos la resistencia a tracción perpendicular a la fibra podrá considerarse nula, excepto en casos de uniones a base de pernos, donde deberá ser considerada.

3.2.10.5 Resistencia a Cortante

Se podrá considerar que la resistencia a cortante paralela a la fibra es de un 10 a un 15 por ciento de la resistencia a tracción paralela a la fibra, aproximadamente y que la resistencia a cortante perpendicular a la fibra es de 3 a 4 veces mayor que en la dirección paralela.

3.2.11 Análisis y diseño de elementos de madera

En el análisis y diseño de las estructuras de madera deberán respetarse los principios básicos de la mecánica estructural. Se utilizarán procedimientos convencionales de análisis lineal y elástico.

El análisis y diseño de los elementos estructurales de madera, puede hacerse considerando el material como homogéneo, isotrópico y de comportamiento lineal, mediante la teoría de vigas, siguiendo el siguiente procedimiento:

1. Tipo de madera a utilizar
 - Cargas y sobrecargas consideradas en el diseño
 - Deflexiones admisibles
 - Condiciones de apoyo, luz de cálculo y separación.
2. Efectos máximos de momento flector (M) y fuerza cortante (V).
3. Establecer los esfuerzos admisibles de flexión, corte, compresión y el módulo de elasticidad de la madera a utilizar.

4. Calcular el momento de inercia (I), necesario por deflexiones.
5. Calcular el módulo de sección (S), necesario por resistencia.
6. Seleccionar la sección que cumpla con la Inercia por deflexión y el módulo de sección por resistencia.
7. Verificad el esfuerzo cortante.
8. Verificar la estabilidad lateral.
9. Determinar la longitud de apoyo necesaria por compresión perpendicular a las fibras.

3.2.12 Estabilidad lateral de elementos rectangulares de madera

En elementos de sección rectangular, los requisitos de arriostramientos se establecerán mediante la relación peralte/ancho (h/b) y podrán ser aplicados a elementos sometidos a cargas transversales, contruidos con dos o más piezas del mismo peralte (h), considerándose el ancho total (b), siempre y cuando se garantice la unión entre ellos. Estos requisitos de arriostramientos son los siguientes:

- $h/b \leq 2$ No necesita apoyo lateral.
- $h/b = 3$ Restringir el desplazamiento lateral en apoyos (rotación y traslación).
- $h/b = 4$ Restringir el desplazamiento lateral en apoyos y mantener el elemento en posición mediante correas o viguetas, con una separación máxima de 0.60 m.
- $h/b = 5$ Restringir el desplazamiento lateral en apoyos y conectar el borde en compresión directamente con el entablado o viguetas.

- $h/b = 6$ Adicionalmente a los requisitos para $h/b = 5$, colocar arriostramiento cruzado u otro entre elementos, a distancias menores que ocho veces su dimensión transversal menor.

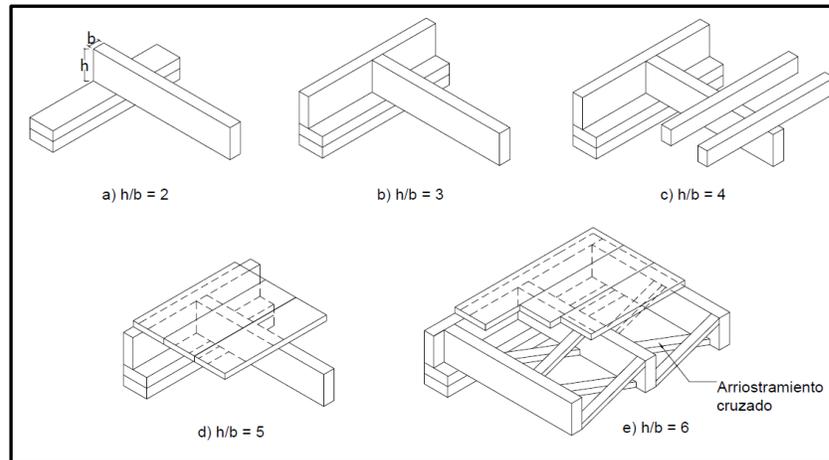


Figura 3.2 Arriostramientos en elementos de sección rectangular sometidos a cargas transversales.

3.2.13 Pandeo Lateral en Vigas y Viguetas de madera

En los sistemas de vigas o viguetas que pueda presentarse inestabilidad o tendencia al pandeo lateral por falta de soportes en la cara de compresión, el esfuerzo admisible para flexión (Fbp), que regirá para fines de diseño se establecerá de acuerdo a lo siguiente:

Cuando $Cs \leq 10$, se utilizará como esfuerzo admisible en flexión (Fbp), el valor de (Fb) especificado en las tablas

$$Fbp = Fb$$

Cuando $10 < Cs \leq Cc$, se utilizará como esfuerzo admisible en flexión

(Fbp), el valor de (Fb) especificado en las tablas, multiplicado por un factor (ϕ), el cual se calculará mediante la expresión siguiente:

$$Fbp = \phi Fb$$

Cuando $Cc < Cs \leq 50$, se utilizará como esfuerzo admisible en flexión (Fbp), el valor obtenido con la siguiente expresión:

$$Fbp = \frac{(0,40 E)}{Cs^2}$$

Donde:

$$Cs = 1,4 \sqrt{\frac{h \cdot Lu}{b^2}}$$

$$Cc = \sqrt{\frac{3 \cdot E}{5 \cdot Fb}}$$

$$\phi = 1 - \frac{1}{3} \left(\frac{Cs}{Cc} \right)^4$$

Lu Longitud entre apoyos o soportes de un elemento (cm)

3.2.14 Esfuerzos a flexión

Los esfuerzos máximos producidos por flexión (f_b), no excederán los esfuerzos admisibles para flexión (F_b), de acuerdo al tipo de madera utilizado en el diseño.

$$f_b \leq F_b$$

El diseño a flexión de cualquier elemento de madera macizo sometido a carga transversal, deberá regirse por la expresión:

$$f_b = \frac{M}{S} \leq F_b$$

Considerando al módulo de sección:

$$S = \frac{I}{C}$$

y la distancia desde el eje neutro a la fibra más alejada

$$C = \frac{h}{2}$$

La cual en un elemento estructural de madera maciza, puede expresarse como:

$$f_b = \frac{6 \cdot M}{b \cdot h^2} \leq F_b$$

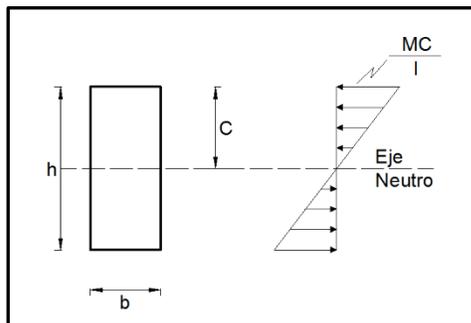


Figura 3.3 Distribución de esfuerzos normales producidos por flexión

3.2.15 Deflexiones en vigas

Por lo general el diseño de elementos de madera sometidos a corte y flexión se encuentran controladas por las deflexiones, pudiendo una deflexión excesiva dificultar la colocación de paneles prefabricados, puertas o ventanas, o bien impedir el buen funcionamiento de estos elementos, pudiendo igualmente afectar el buen funcionamiento el drenaje de techos horizontales y contribuir a un incremento de las cargas actuantes y de las correspondientes deformaciones.

Las deflexiones pueden calcularse con los métodos de análisis estructural y fórmulas habituales como las expresadas para vigas simplemente apoyadas.

$$\Delta_{max} = \frac{5 \cdot w \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I} \quad (3.3)$$

Para vigas continuas de dos tramos, la fórmula a considerar es la siguiente:

$$\Delta_{max} = \frac{w \cdot L^4}{185 \cdot E \cdot I} \quad (3.4)$$

Donde:

Δ_{max}	<i>Deflexión máxima actuante sobre la viga (cm)</i>
L	<i>Longitud de la viga (cm)</i>
w	<i>Carga distribuida sobre la viga (kg/cm)</i>
E	<i>Módulo de elasticidad de la madera (kg/cm²)</i>
I	<i>Inercia de la sección transversal de la viga (cm⁴)</i>

Las deflexiones deben calcularse para los siguientes casos:

- **Combinación más desfavorable de cargas permanentes y sobrecargas de servicio.**
- **Sobrecargas de servicio actuado solas.**

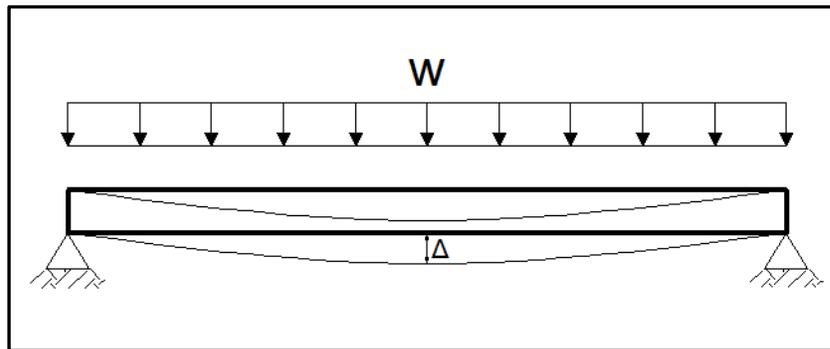


Figura 3.4 Deflexión en elemento de madera sometido a flexión

3.2.15.1 Deflexiones admisibles

Las deflexiones admisibles en vigas, viguetas y entablados de piso o techo dependen del uso al que se destine la edificación. Las deformaciones deben limitarse para que la estructura o elemento cumpla con su función adecuadamente, para evitar daños a elementos no estructurales y acabados, así como para evitar efectos perjudiciales a la estructura misma y a su apariencia.

Es responsabilidad del ingeniero calculista establecer límites adecuados para las deflexiones, recomendándose los valores establecidos en la tabla 3.1.

Tabla 3.6 Deflexiones totales máximas admisibles

Carga Actuante	Elementos Ligados a Materiales susceptibles de sufrir daños a causa de deflexiones importantes	Elementos no ligados a Materiales Susceptibles a dañarse a causa de deflexiones importantes	Techos con inclinaciones $\geq 30^\circ$
Carga Muerta + Carga Viva	L/300	L/240	L/200
Carga Viva	L/350	L/350	-

3.2.15.2 Deflexiones diferidas

Debido a que las cargas permanentes son aplicadas durante la vida útil de los elementos estructurales de madera, ocasionando que las deformaciones con el transcurrir del tiempo (diferidas), sean mayores que las deformaciones iniciales (instantáneas), transformándose en deformaciones permanentes, ya que no se recuperan. La magnitud de las deformaciones diferidas depende de la duración de la carga, el nivel de esfuerzos aplicados en forma permanente, el contenido de humedad de la madera al momento de aplicar la carga y a la variación del contenido de humedad de la madera con el transcurrir del tiempo.

Según el Laboratorio Andino de Ingeniería de la Madera (LADIMA), estudios realizados a maderas tropicales verdes o húmedas, evidencian que las deformaciones en el transcurrir del tiempo se incrementan hasta un 80%, por lo tanto para el diseño de elementos de madera, controlado por las deformaciones, es válido multiplicar las cargas permanentes por un factor de 1,8 y adicionarles la carga variable.

$$\Delta_{Equivalente} = \Delta + \Delta_{Diferida}$$

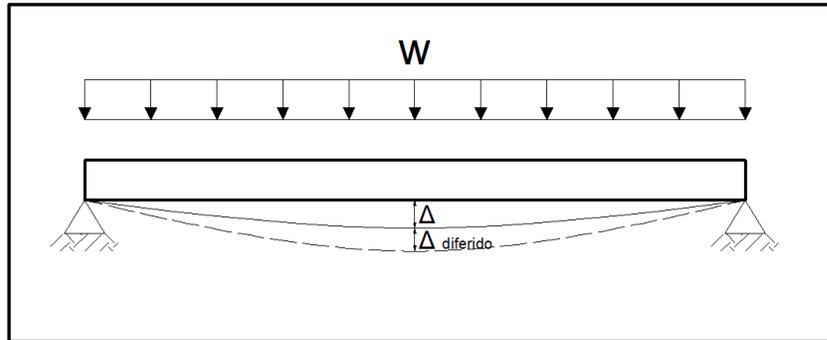


Figura 3.5 Deformaciones totales en flexión

3.2.15.3 Esfuerzos de corte

Los esfuerzos cortantes (τ), no deben exceder el esfuerzo máximo admisible para corte paralelo a las fibras (f_v) de la madera estructural especificada.

El máximo corte ocurre en el plano que contiene el eje neutro y para una viga de madera de sección rectangular este esfuerzo de corte resulta:

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V}{b \cdot h} \quad (3.XX)$$

3.2.16 Armaduras de madera

Las armaduras de madera presentan grandes ventajas para la solución de coberturas de techos, ya que permite cubrir luces mayores que utilizando vigas de sección rectangular, posibilitando una mayor flexibilidad en el diseño y evitando la construcción de columnas o paneles portantes intermedios.

En general es necesario considerar en el dimensionamiento inicial de una armadura dos aspectos fundamentales: uno es el contorno o definido por la longitud a cubrir por la armadura y su altura, y el otro la distribución en que se encuentran dispuestos las barras internas. La relación entre la altura y la longitud del tramo considerado, definen la pendiente o inclinación del techo que garantizan el escurrimiento superficial de las aguas y se expresa como una fracción.



Figura 3.6 Pendientes en techos con armaduras

Siendo

$$\text{Pendiente} = \frac{h}{L}$$

Donde:

h Altura de la armadura

L Longitud del tramo horizontal considerado

Cuando la armadura no es simétrica, cada tramo será medido desde la cumbrera hasta los apoyos. La pendiente más económica es $1/2$, pero arquitectónicamente la más utilizadas varían entre $1/4$ y $5/12$, siendo un valor normal el de $1/3$.

3.2.16.1 Espaciamiento entre armaduras

El espaciamiento más económico depende del costo relativo de las armaduras, las correas y la cubierta de techo. Por lo tanto es más conveniente el mayor espaciamiento entre armaduras, ya que el incremento en costo de la armadura es mínimo, comparado con el ahorro por área cubierta. Por lo tanto debe utilizarse como espaciamiento la máxima luz que cubran las correas más económicas.

3.2.16.2 Configuración interna de las armaduras

La configuración interna de las armaduras, debe resultar en paños que presenten el menor número de nudos haciendo las siguientes consideraciones:

- Qua la esbeltez de los elementos en compresión (cordones, montantes y diagonales) no deben ser excesivas, ya que la capacidad de carga disminuye rápidamente con el incremento de esbeltez.
- Que la flexión en los cordones superiores, debido a cargas intermedias en el tramo, no debe ser excesiva, ya que el efecto magnificador de la presencia simultánea de carga axial y flexión en la barra, resulta aún más desfavorable.
- Que el ángulo interno entre los cordones y las diagonales no sea muy pequeño, porque esto representa grandes esfuerzos y requiere uniones excesivamente reforzadas.

3.2.16.3 Tipos de elementos de las armaduras

En armaduras de madera se usan normalmente elementos simples y múltiples. Las más comunes se limitan a armaduras de elementos simples o dobles o una combinación de estas, de acuerdo a la magnitud de las cargas.

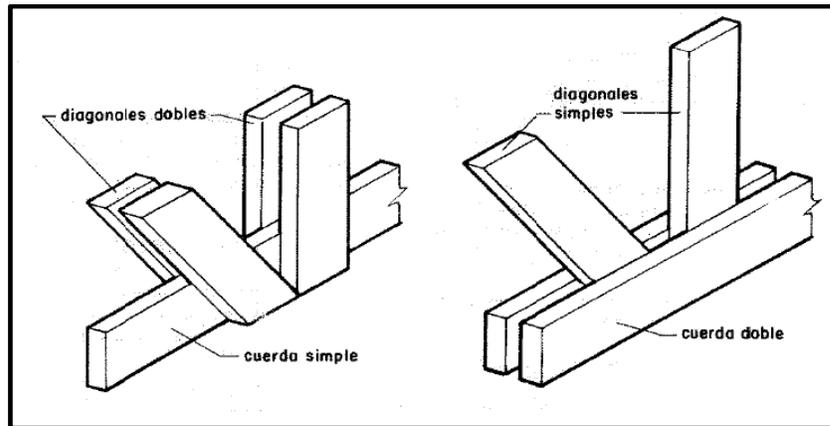


Figura 3.7 Armaduras con elementos simples y dobles

3.2.16.4 Cargas en armaduras

Las armaduras deben diseñarse para soportar todas las cargas aplicadas y cuando sea necesario se debe considerar las cargas de montaje u otras cargas especiales. En el caso que el cordón inferior de una armadura soporte un cielo raso, se debe considerar una carga adicional de 30 kg/m^2 .

3.2.16.5 Deflexiones en armaduras

El cálculo de deflexiones en las armaduras se basará en los métodos de cálculo estructural, como deflexiones elásticas bajo cargas de servicio, mediante métodos como los de trabajo virtual, suponiendo los nudos como articulaciones perfectas e indeformables

3.2.16.6 Criterios de diseño de armaduras

Los esfuerzos admisibles en los elementos de una armadura se determinarán considerándolos columnas cortas sometidas a fuerzas axiales de compresión o tensión y eventualmente sometidas simultáneamente a flexión.

3.2.16.7 Hipótesis de cálculo de armaduras

Los elementos que constituyen las armaduras son considerados rectos de sección uniforme, homogéneos y perfectamente ensamblados en sus uniones.

Las cargas del techo se transmiten a través de las correas y esta a su vez pueden descansar directamente sobre el nudo o en el tramo entre nudos del cordón superior, originando en este caso momentos flectores adicionales.

Las fuerzas axiales en las barras de la armadura pueden calcularse suponiendo las cargas aplicadas directamente sobre el nudo, y en caso de no ser este el caso, se podrá reemplazar la acción de las cargas repartidas por su efecto equivalente en cada nudo, suponiendo al cordón simplemente apoyado en los nudos donde se desea concentrar su acción.

3.2.16.8 Longitud efectiva (l_{ef}) de los elementos de una armadura

La longitud efectiva de los codones superior e inferior de la armadura se determinará considerando el plano de análisis por sus condiciones de arriostramiento, uno en el mismo plano de la armadura y otro fuera de este plano, por lo general perpendicular al primero.

3.2.16.9 Esbeltez de los elementos de una armadura

El valor máximo de la relación de esbeltez (l_{ef}/d) en el diseño de elementos sometidos a cargas axiales será de cincuenta (50) para compresión y ochenta para tracción (80).

En el caso de cordones sometidos a esfuerzos de compresión se considerarán dos relaciones de esbeltez, tomando la mayor como más desfavorable para efecto de pandeo, una en el plano de la armadura y otra fuera de la misma. En el plano de la armadura, la dimensión resistente al pandeo será el peralte o alto del cordón (h) y fuera del plano será el ancho (b), si se trata de una sección sólida.

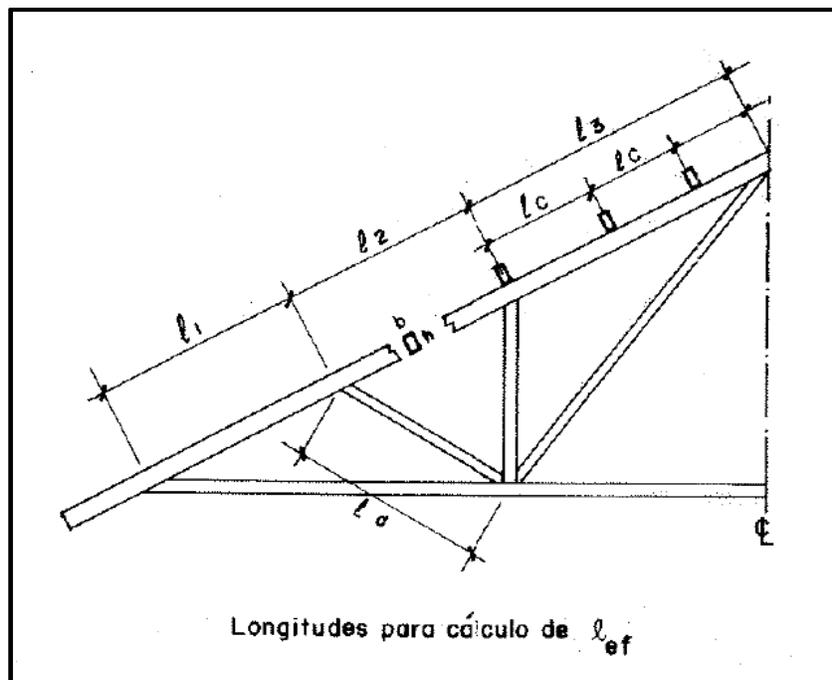


Figura 3.8 Longitudes para el cálculo de la longitud efectiva

Tabla 3.7 Cálculo de Longitud efectiva en elementos de madera

Elemento	(d)	(l_{ef})
Cordón en el plano de la armadura	(h)	$0,4(l_1 + l_2)$
		$0,4(l_2 + l_3)$
Cordón fuera del plano	(b)	(l_c)
Montante o diagonal	(b)	$0,8 l_d$

3.2.16.10 Cargas admisibles en uniones sometidas a cizallamiento

La carga admisible en una unión clavada depende principalmente del tipo de y condición de la madera utilizada; de la calidad, longitud y diámetro de los clavos; del número de clavos y su ubicación con relación a los elementos de madera; a los espesores de los elementos y penetración de los clavos en cada uno de éstos.

- **Cizallamiento simple:** La tabla presentada en el anexo A-01, presenta las cargas admisibles para un clavo, bajo cargas de servicio, las cuales considera la influencia de la longitud del clavo (l), su diámetro (d) y el grupo de madera estructural utilizado (A, B, C).
- **Otros casos:** La carga admisible para un clavo sometido a doble cizallamiento, clavos lanceros y clavos a tope, se obtienen multiplicando los factores considerados en el Anexo -02 por los valores considerados en la tabla.

3.2.16.11 Espesores mínimos y penetración de los clavos

- **Cizallamiento simple:** El espesor del elemento de madera más delgado (que contiene la cabeza del clavo) debe ser por lo menos de seis veces el diámetro del clavo ($6d$) y la penetración del clavo en el elemento que contiene la punta debe ser por lo menos de once veces el diámetro del clavo ($11d$).

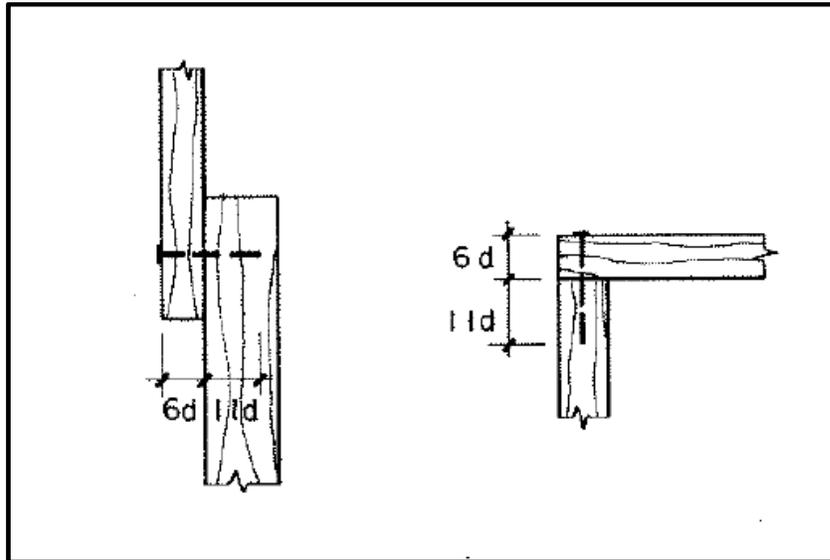


Figura 3.9 Espesores mínimos y penetración de clavos sometidos a cizallamiento simple

Si se tienen espesores o penetraciones menores, las cargas admisibles del clavo deben reducirse proporcionalmente de acuerdo a las siguientes relaciones:

- **Espeor del elemento más delgado / $6d$**
- **Penetración en el elemento que contiene la punta / $11d$**

En ningún caso deben de aceptarse espesores o penetraciones menores al 50 % de los ($6d$, $11d$), indicados anteriormente.

- **Doble cizallamiento:** El espesor del elemento central debe ser por lo menos igual a diez veces el diámetro del clavo (**$10d$**). Tanto el espesor del elemento lateral adyacente a la cabeza del clavo, como la penetración del clavo en la madera de la punta, no debe ser menor a cinco veces del diámetro del clavo (**$5d$**).

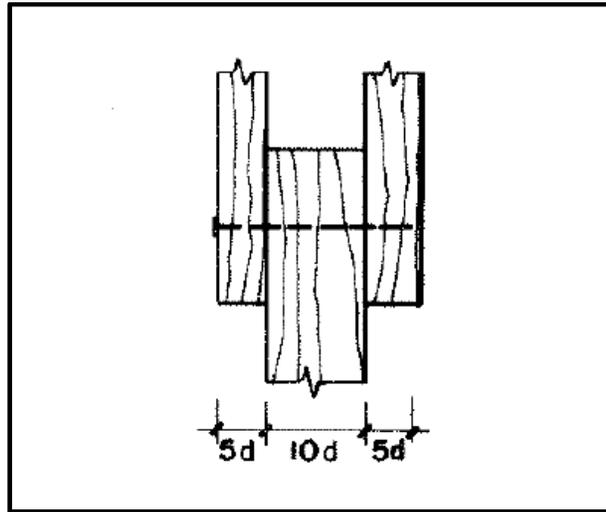


Figura 3.10 Espesores mínimos y penetración de clavos sometidos a cizallamiento doble

3.2.16.12 Espaciamiento mínimo en clavos en elementos de madera

Los espaciamientos mínimos especificados son necesarios para evitar rajaduras al clavar la madera. Con frecuencia estos requisitos obligan a utilizar elementos de madera de dimensiones mayores a los de estrictamente necesarios por resistencia.

- **Espaciamiento de clavos bajo cizallamiento simple:** Las distancias entre clavos, a los bordes y a los extremos de las piezas de madera deben ser iguales o mayores a los contemplados en la siguiente tabla:

Tabla 3.8 Espaciamientos mínimos para cizallamiento simple o doble cizallamiento clavado desde un solo lado.

Elementos cargados paralelamente a la fibra	A lo largo de la fibra	Espaciamiento entre clavos	16 d
		Distancia al extremo	20 d
	Perpendicularmente a la dirección de la fibra	Espaciamiento entre líneas de clavos	8 d
		Distancia a los bordes	5 d
Elementos cargados perpendicularmente a la fibra	A lo largo de la fibra	Espaciamiento entre clavos	16 d
	Perpendicularmente a la dirección de la fibra	Espaciamiento entre líneas de clavos	8 d
		Distancia al borde cargado	10 d
		Distancia al borde no cargado	5 d
d: diámetro del clavo			

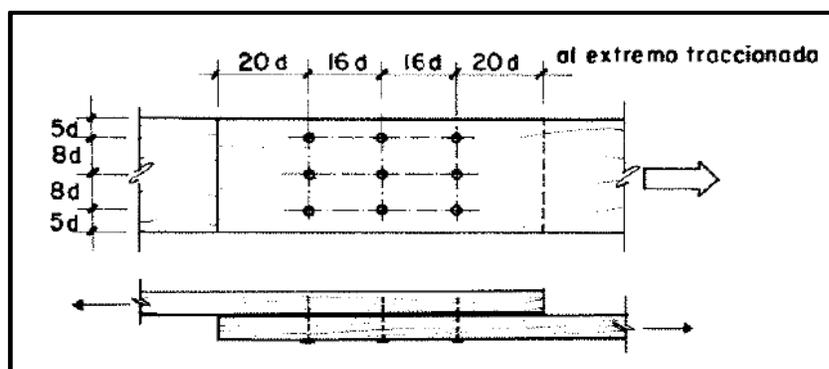


Figura 3.11 Espaciamiento mínimos de elementos cargados paralelamente a la fibra

- **Espaciamiento de clavos bajo cizallamiento doble:** Los espaciamientos mínimos recomendado bajo cizallamiento doble, varían de acuerdo a la dirección del clavado.

- Si todos los clavos son colocados del mismo lado se utiliza la tabla 3.X
- Si los clavos se encuentran colocados alternadamente en ambos lados se utiliza la tabla 3.X1

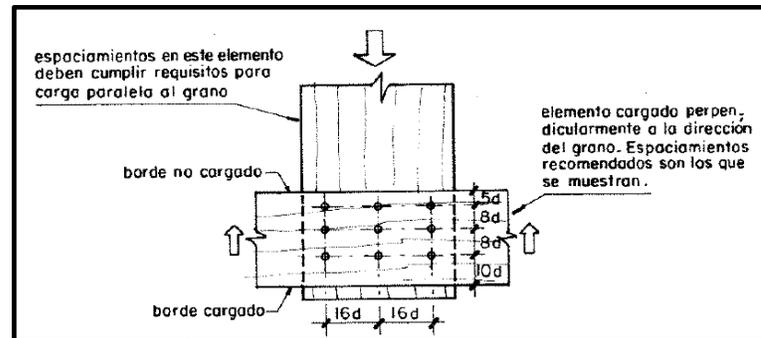


Figura 3.12 Espaciamiento mínimos de elementos cargados perpendicularmente a la fibra

Tabla 3.9 Espaciamientos mínimos para cizallamiento simple o doble cizallamiento con pretaladrado o doble cizallamiento simétrico.

Elementos cargados paralelamente a la fibra	A lo largo de la fibra	Espaciamiento entre clavos	11 d
		Distancia al extremo	16 d
	Perpendicularmente a la dirección de la fibra	Espaciamiento entre líneas de clavos	6 d
		Distancia a los bordes	5 d
Elementos cargados perpendicularmente a la fibra	A lo largo de la fibra	Espaciamiento entre clavos	11 d
	Perpendicularmente a la dirección de la fibra	Espaciamiento entre líneas de clavos	6 d
		Distancia al borde cargado	10 d
		Distancia al borde no cargado	5 d
d: diámetro del clavo			

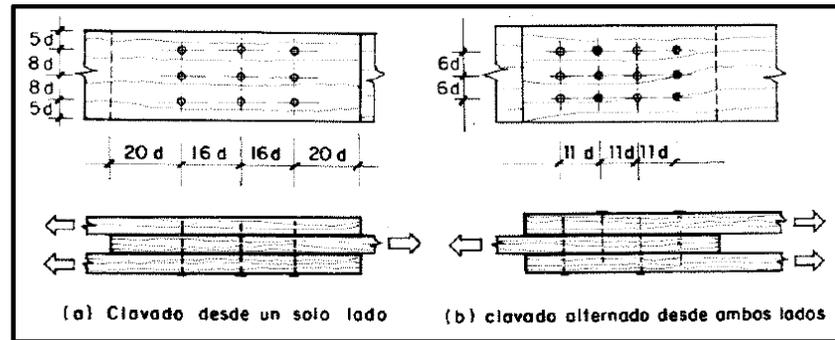


Figura 3.13 Espaciamiento mínimos en uniones a doble cizallamiento

3.2.16.13 Esfuerzos admisibles en elementos sometidos a compresión

➤ Esbeltez en elementos sujetos a compresión

La esbeltez en elementos sometidos a compresión, y esta se limita para evitar la presencia de elementos en el que el eje de la pieza puede no ser recto, mostrando curvatura inicial, la misma puede estimarse en función de la relación:

$$\lambda = \frac{L_{ef}}{d} \quad (3.xx)$$

Donde

L_{ef} Longitud efectiva del miembro comprimido
 d Representa la dimensión de la sección transversal en la dirección considerada

En general, las longitudes efectivas son diferentes en cada dirección de análisis, esto determina cargas admisibles diferentes, correspondiendo la menor de ellas a la mayor relación de esbeltez.

➤ **Clasificación de las columnas de acuerdo a su esbeltez (λ)**

Las columnas se clasifican en función de su esbeltez como:

Columnas cortas

$$\lambda < 10$$

Columnas Intermedias

$$10 < \lambda < C_k$$

Siendo

$$C_k = 0,7025 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_c}} \quad (3.xx)$$

Columnas Largas

$$C_k < \lambda < 50$$

➤ **Cargas admisibles en elementos a compresión**

Columnas Cortas

Las columnas cortas fallan por compresión o aplastamiento y su carga admisible puede calcularse como:

$$P_{adm} = f_c // . A \quad (3.xx)$$

Donde:

A	<i>Área de la sección transversal del elemento estructural</i>
f_c	<i>Esfuerzo máximo admisible de compresión paralela a las fibras.</i>
P_{adm}	<i>Carga máxima admisible</i>

Columnas Intermedias

Las columnas intermedias fallan por una combinación de aplastamiento e inestabilidad lateral (pandeo) y su carga admisible puede estimarse como;

$$P_{adm} = f_c \cdot A \cdot \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{\lambda}{C_k} \right)^4 \right] \quad (3.XX)$$

Donde

λ	<i>Relación de esbeltez (considerar solo la mayor)</i>
E	<i>Módulo de elasticidad</i>

$$C_k = 0,7025 \sqrt{\frac{E}{f_c}}$$

Columnas largas

La carga admisible de las columnas largas se determina por condiciones de estabilidad, considerando una adecuada seguridad al pandeo, según la teoría de Euler.

$$P_{adm} = 0,329 \frac{E \cdot A}{(\lambda)^2} \quad (3.XX)$$

3.2.16.14 Elementos sometidos a tracción

La fuerza axial máxima actuante a tracción viene dado por:

$$Pt_{Max} = A \cdot f_t$$

Y se debe cumplir que:

$$\frac{P_{Act}}{A \cdot f_t} < 1$$

3.2.16.15 Elementos sometidos a flexo-compresión

Cuando existen simultáneamente actuando fuerzas axiales a compresión y momento sobre un elemento estructural, es necesario amplificar los momentos flectores por efecto de las cargas axiales y deben satisfacer la siguiente expresión:

$$\frac{P_{Act}}{P_{Adm}} + \frac{K_m \times M}{Z \times f_m} \leq 1,00$$

Donde:

K_m	<i>Factor de mayoración de momentos</i>
M	<i>Momento Flector</i>
f_m	<i>Esfuerzo admisible a flexión</i>
Z	<i>Módulo de sección = I/c</i>

Siendo K_m el factor de mayoración de momentos, el cual se determina por la siguiente fórmula:

$$K_m = \frac{1}{1 - \frac{3}{2} \frac{P_{act}}{P_{cr}}}$$

Donde

K_m	<i>Factor de mayoración de momentos</i>
P_{act}	<i>Carga axial a compresión</i>
P_{cr}	<i>Carga crítica de Euler para pandeo en la dirección en que se aplica el momento flector</i>

La carga crítica se determina mediante la fórmula de Euler

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L_{ef}^2}$$

Donde

P_{cr}	<i>Carga crítica de Euler</i>
L_{ef}	<i>Longitud efectiva</i>
E	<i>Módulo de elasticidad del material</i>
I	<i>Inercia de la sección de análisis</i>

3.2.16.16 Elementos sometidos a flexo-tracción

Estos elemento deben satisfacer la siguiente ecuación:

$$\frac{P_{Act}}{A \cdot f_t} + \frac{M_{act}}{Z \cdot f_m} \leq 1$$

Donde

P_{act}	Carga actuante a tracción
A	Área de la sección transversal del elemento objeto de análisis
f_m	Esfuerzo admisible a flexión.
M_{act}	Valor absoluto del momento flector máximo en el elemento
Z	Módulo de sección = I/c

3.3 Bases legales

Entre las bases legales nos encontramos en Venezuela frente a la casi inexistencia de normas propias, encontrándonos que aún se encuentra en vigencia por no haber sido sustituida la “Norma para el Diseño de Estructura de Madera”, desarrollada por el Ministerio de Obras Públicas en el año 1955, que aplica la teoría elástica. Llamada más tarde teoría clásica, diseñándose con cargas de servicio y bajo coeficientes de trabajo de los materiales.

3.3.1 Normas para el Diseño de Estructuras de Madera (MOP 1955)

Artículo 1. Condiciones Generales.- La madera que se use debe llenar las condiciones generales exigidas en las Normas de Construcción de la Dirección de Edificios.

Todos los elementos se unirán de modo tal, que puedan tener en conjunto la rigidez necesaria para desarrollar los esfuerzos que soportarán; ningún elemento debe soportar esfuerzos mayores a los admisibles en estas normas.

Artículo 2. Secciones Mínimas.- Las piezas primarias enterizas no tendrán secciones inferiores a 60 cm², ni dimensiones laterales menores de 6 cms. Cuando se trate de piezas compuestas, los valores anteriores se aplicarán para cada uno de los elementos componentes.

Artículo 3. Coeficientes de trabajo.- Los coeficientes admisibles serán los especificados por estas normas en la tabla. La madera no podrá tener defectos que afecten su resistencia y durabilidad.

3.3.2 Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino

Requisito de Rigidez.- Las deformaciones deben evaluarse para las cargas de servicio. Es necesario considerar los incrementos de deformaciones con el transcurrir del tiempo (deformaciones diferidas), por acción de las cargas aplicadas de forma continua.

Las deformaciones de los elementos y sistemas estructurales deben ser menores o iguales que las admisibles.

3.4 Definición de términos básicos.

- ❖ **Alero.** Parte del techo que sobresale al exterior de la edificación.

- ❖ **Área Neta.** Es la que resulta de eliminar del área de un elemento estructural, el área proyectada para orificios de tornillos, pernos o cualquier otra que implique una reducción de su área total.

- ❖ **Carga Admisible.** Fuerza calculada en base a los esfuerzos admisibles y las leyes de la mecánica estructural para un elemento dado.

- ❖ **Cerchas o Tijerillas.** Conjunto de elementos estructurales, dispuestos en forma de triángulos simples o compuestos que pueden trabajar a tensión, compresión, flexo-compresión y flexo-tracción.

- ❖ **Correas.** Son elementos que se disponen sobre las viguetas de pisos o techos, con la finalidad de unirlos y de transmitirles las cargas de la cubierta que se apoya en ellos.

- ❖ **Cubierta.** Revestimiento de piso, entepiso o techo.

- ❖ **Cumbrera.** Línea horizontal de nivel más elevado que presenta una cubierta de techo.

- ❖ **Deformación.** Variación de la forma de un elemento estructural por la aplicación de cargas.

- ❖ **Diafragmas.** Son elementos estructurales colocados horizontal (techos y entrepisos) ó verticalmente (paredes de corte y tabiques) con la condición común de transmitir fuerzas cortantes en su plano.

- ❖ **Elementos de Unión.** Se emplean para ensamblar piezas, para lograr su continuidad, forma y resistencia. Generalmente son de acero o de otro metal.

- ❖ **Entablado:** Revestimiento de elementos de madera unidos por sus bordes y que descansan en algún tipo de apoyo, pueden usarse en entrepisos, techos o paredes.

- ❖ **Entramado:** Conjunto de elementos o piezas de madera convenientemente unidas entre sí. Es el esqueleto estructural de una edificación, puede ser horizontal o vertical.

- ❖ **Esfuerzo Admisible:** Es el que representa el esfuerzo máximo real que se

considera adecuado para el diseño de los elementos estructurales de una edificación.

❖ **Esfuerzo Calculado:** Es el esfuerzo resultante de las solicitaciones de servicios.

❖ **Fungicida:** Compuesto utilizado para la destrucción de hongos.

❖ **Machihembrado:** Ensamble de dos piezas de madera por sus bordes, de manera que tengan un encaje perfecto.

❖ **Sección Longitudinal:** Es la que resulta de cortar una madera en sentido paralelo a sus fibras.

❖ **Sección Transversal:** Es la que resulta de cortar una madera en sentido perpendicular a sus fibras.

❖ **Sellador:** Material interpuesto entre dos piezas de una junta para cerrar el espacio libre que queda entre ellas. También es usado en forma de sustancia líquida, para cubrir los poros de diversas superficies.

❖ **Vigas:** Elemento horizontal o inclinado sometido principalmente a cargas transversales, cuyo trabajo principal es a flexión.

❖ **Viguetas:** Son vigas secundarias, cuya función principal es la de soportar directamente las cargas de techos, pisos o entrepisos, siendo soportadas a la vez por otros elementos estructurales tales como vigas, muros y otros.

CAPITULO IV

METODOLOGÍA DEL TRABAJO

La intención del desarrollo de esta metodología, es evaluar la condición actual que presenta la estructura de madera de los pabellones del Museo Geológico Minero de la Escuela Ciencias de la Tierra de la Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, con la intención de presentar una propuesta estructural en madera para la rehabilitación y recuperación de los mismos, respetando la cualidad de patrimonio histórico cultural del Municipio

Para lo cual, el proyecto presenta la siguiente modalidad metodológica:

4.1 Tipo de Investigación

Esta investigación es de tipo descriptiva y evaluativa. La investigación descriptiva trabaja sobre realidades y sus características fundamentales que es precisamente la de prestar una interpretación correcta.

Arias, F (2006), define la investigación descriptiva: “como aquella que se orienta hacia la caracterización de un hecho, fenómeno o grupo con el fin de establecer su estructura o comportamiento.” (p.22).

Por otro lado, esta investigación también se presenta de tipo evaluativa. Según Sandoval, (2002) la investigación evaluativa: “Se presenta básicamente como un modelo de aplicación de los métodos de investigación para evaluar la eficiencia de los programas de acción. Se hacen necesarios en este tipo de investigación los conocimientos básicos sobre lo que a evaluación se refiere, es decir, a las características, elementos y técnicas de evaluación”. El objeto de esta investigación es en esencia evaluar estructuralmente las condiciones del techo del módulo de cerámica

de la escuela de ciencias de la tierra de la universidad de oriente núcleo Bolívar, Ciudad Bolívar-Estado Bolívar; para ello se llevarán a cabo una serie de procedimientos mediante los cuales conoceremos el tipo de madera utilizado para la construcción de los pabellones del Museo Geológico, las características principales de los elementos que conforman el techo.

4.2 Según el propósito

La investigación estuvo enmarcada dentro del propósito de aplicada, que para Murillo (mencionado por Vargas, Z. 2009):

La investigación aplicada se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación. El uso del conocimiento y los resultados de investigación que da como resultado una forma rigurosa, organizada y sistemática de conocer la realidad (p.159).

4.3 Según la estrategia

Este estudio se ubicó en un diseño no experimental apoyado en una investigación documental de campo. Para Hernández, Fernández y Baptista (2014) la investigación no experimental como “aquella que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para posteriormente analizarlos” (p. 149). Al mismo tiempo, Arias (2012) define la documental como: “búsqueda, recuperación, análisis, crítico e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresos, audiovisuales o electrónicos. Como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos (p.27)

El mismo autor define la investigación de campo como “aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información, pero no altera las condiciones existentes. De allí su carácter de investigación no experimental” (p.31). Se utiliza este diseño, para obtener datos, generar nuevos conocimientos que puedan ser analizados, logrando obtener conclusiones, resultados y posibles soluciones en la uniformidad de las dimensiones del diseño estéticamente armonioso de la vialidad a fin de recaudar toda la información directamente en el área de estudio y darle solución a la problemática que se planteó.

Se utiliza este diseño, para obtener datos, generar nuevos conocimientos que puedan ser analizados, logrando obtener conclusiones, resultados y recabar información pertinente para realizar una propuesta estructural para la rehabilitación en madera del Museo Geológico del núcleo Bolívar de la Universidad de Oriente.

4.4 Población y Muestra

4.4.1 Población

Arias (2012) define población como “un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Ésta quedó delimitada por el problema y por los objetivos del estudio” (p.81). La población objeto de estudio se encuentra constituida por el conjunto de edificaciones, en inmediaciones de la Facultad de Ciencias de la Tierra del Núcleo Bolívar de la Universidad de Oriente, pertenecientes al antiguo campamento de la Iron Mining Company, las cuales forman parte integral de los espacios físicos de la universidad.

4.4.2 Muestra

La muestra de la investigación según Morales (1994), es el “subconjunto representativo de un universo o población”. En el caso del objeto de estudio, la muestra se encuentra representada por la estructura destinada al Museo Geológico a cargo de la Facultad de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Oriente en el Núcleo Bolívar., en Ciudad Bolívar, Municipio Angostura del Orinoco del estado Bolívar.

4.5 Fases de la metodología de trabajo

La intención del desarrollo de esta metodología, es ofrecer un procedimiento sistemático, que permita con un plan de trabajo lógico y práctico, que permita evaluar el estado actual de la estructura de madera, así como conocer el uso de la madera como material de construcción en la recuperación de este tipo de estructuras protegidas por la Ley de Protección y Defensa del Patrimonio Cultural. Para así tener una herramienta que nos permita realizar una toma de decisión futura sobre una posible rehabilitación o mejoras de las edificaciones que comprende el Museo Geológico de la Universidad de Oriente. Para ello, se pretende cumplir con las siguientes fases:

4.5.1 Fase I: Planeación del trabajo

En esta fase se recopiló toda la información bibliográfica existente sobre el área a estudiar. Así mismo, se procedió con la revisión de estudios, proyectos e informes técnicos existentes, con temas similares. Se elaboró un plan de trabajo

para presentar el motivo de estudio, para luego realizar la selección de las áreas de interés.

4.5.2 Fase II: Investigación documental y de campo

Es esta fase, se realizó la exploración de campo que consistió en investigar sobre el estado actual de la estructura de los techos de madera del Museo Geológico de Ciencias de la Tierra del Núcleo Bolívar de la Universidad de Oriente, atendiendo las diferentes normativas nacionales aplicables al diseño de este tipo de sistema estructural, estableciendo y clasificando los daños existentes.

4.5.3 Fase III: procesamiento, análisis de la información y resultados

En esta fase se realizó la transcripción y ordenamiento de la información, las cuales sirvieron como base para la elaboración de establecer los procesos y normativas aplicables para el diseño de techos de madera.

4.5.4 Fase IV: alternativas de solución, conclusiones y recomendaciones

Esta fase comprende la aplicación de la metodología sobre el diseño de elementos estructurales de madera, considerando las diferentes normativas aplicables. Así mismo, se redactaron las conclusiones y recomendaciones para culminar con la redacción del informe final (ver figura 4.1).

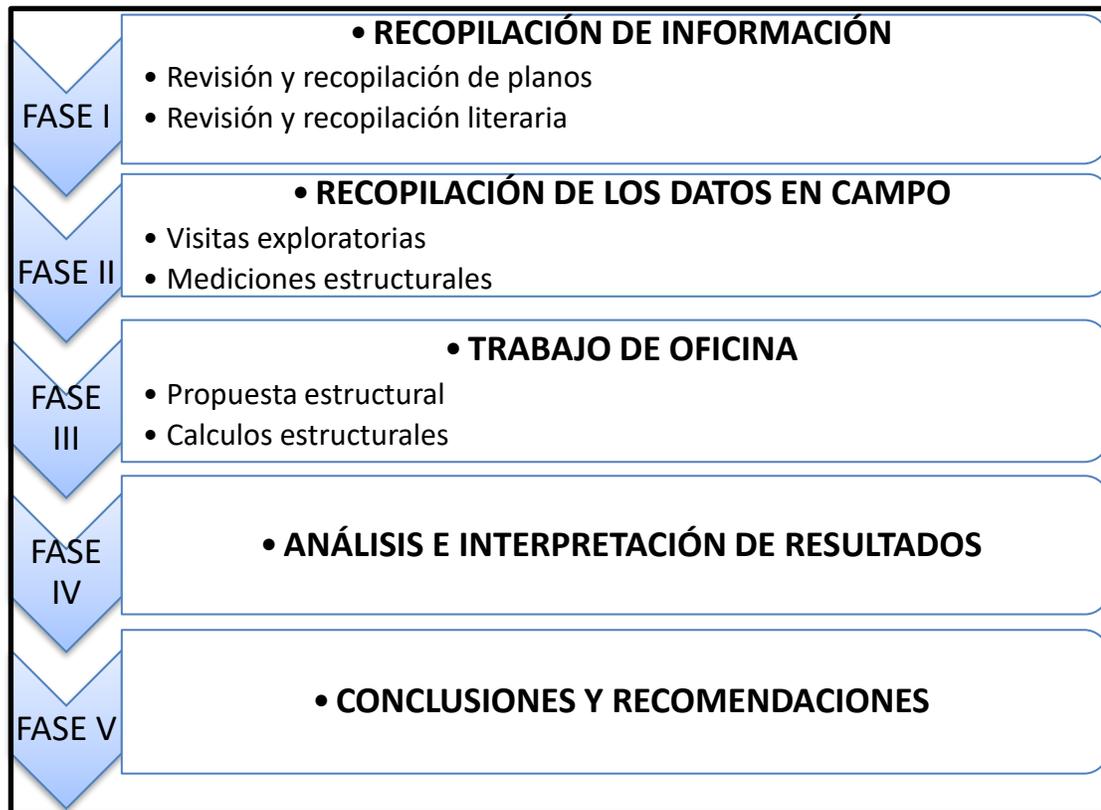


Figura 4.1 Etapas de la metodología de trabajo. Elaboración propia (2022)

4.6 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

4.6.1 Técnicas de Recolección de Datos

Las técnicas de recolección de datos son aquellas que permiten obtener todos los datos necesarios para realizar la investigación del problema que está en estudio utilizando instrumentos que se diseñarán de acuerdo a la técnica a seguir.

Para la recolección de datos, se utilizó como técnica la observación directa como fuente primaria. Según Claret, (2013):

- La observación directa: es una técnica que se debe emplear para relacionar el sujeto de estudio con el objeto, dotando al investigador de una teoría y un método adecuado para que la investigación tenga una orientación correcta y el trabajo de campo arroje datos exactos y confiables (p. 197).
- Revisión bibliográfica: La revisión bibliográfica permitió extraer información de diversas fuentes bibliográficas. Para esta investigación se utilizaron trabajos de grado, internet, publicaciones, normas y libros.
- Consultas académicas: Es una herramienta que permite la recopilación de información, tanto virtual como escrita, por medio de consultas realizadas a tutores y personal expertos en la materia.
- Consultas y entrevistas no estructuradas para conocer la realidad sobre el tema planteado y su aplicación en la localidad.

4.7 Instrumentos de Recolección de datos

Según Arias (2012) “Es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información” (p.54).

Libreta de anotaciones y lápiz: Utilizada para la anotación de la información recopilada en las entrevistas no estructuradas, para tomar en cuenta cada detalle de ella y no omitir ninguna información obtenida.

Personal Computer: Utilizada para poder acceder a cierta información digitalizada importante para la investigación, así como para el manejo de tablas y hojas de cálculo, con el objeto de facilitar la manipulación de la información.

Cámara fotográfica: para registrar en imágenes elementos y detalles esenciales para la investigación.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1 Identificación de las especies y características de la madera de uso estructural disponibles en Venezuela y cómo influyen sus características en las propiedades mecánicas.

5.1.1 Maderas latifoliadas

En la región Andina el 47% de la superficie se encuentra cubierta por bosques tropicales, con la presencia de más de 600 especies aptas para la construcción, denominadas genéricamente como maderas tropicales, latifoliadas o frondosas.

5.1.2 El Pino Caribe

En Venezuela, las especies latifoliadas potencialmente comerciales hasta ahora conocidas tienden a desaparecer y surge la necesidad de buscar alternativas para reemplazar las mismas, ya que existe gran demanda de productos forestales que hace necesario conocer las características, propiedades físicas y mecánicas de aquellas especies que hasta los actuales momentos no han sido explotadas y/o aprovechadas a gran escala, y familiarizar a los industriales con las características tecnológicas de las maderas que las plantaciones producen, para su comercialización.

Según datos aportados por el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, los árboles de *Pinus Caribaea* car. *Hondurensis* (pino Caribe), cultivados en el bosque de Uverito ubicados al sur de los estados Anzoátegui y Monagas, representa actualmente la mayor producción de madera en rolas en Venezuela, a pesar que en los últimos años la producción ha venido en descenso.

Según Longwood (1962), citado por La Revista Forestal Venezolana, quien describe al Pino Caribe como una madera moderadamente pesada, generalmente con un olor resinoso más o menos fuerte pero sin sabor distintivo, grano generalmente recto, duramen marrón rojizo, la profundidad del color varía con la cantidad de resinas, albura de color pálido, anillos de crecimiento claramente definidos por bandas de tejido denso y su peso específico varía entre 0,34 y 0,48 gr/cc.

La corteza de estos árboles es una barrera que los protege de agentes externos, tales como insectos, hongos y bacterias. Cuando esta barrera natural es vulnerada, el árbol recurre a otro medio de protección, como lo es la secreción de una sustancia gomosa semilíquida, conocida como resina, la cual sirve para la manufactura de trementina y colofonia.

5.2 Ventajas y desventajas tanto económicas como técnicas del uso de la madera como material estructural.

En Venezuela, la poca investigación de este material ha limitado el desarrollo del diseño y construcción, a pesar de cualidades como ser un material renovable, que no tiene peligro de oxidación, aunque se debe proteger de hongos e insectos, también, tiene una óptima relación entre resistencia y peso. La poca investigación ha sido debido a la dificultad para hallar valores estándar de resistencia ya que la variedad de especies y el contenido de humedad son factores que modifican la resistencia, por lo tanto, la madera como material estructural es considerada dispersa y de propiedades variables.

A pesar de existir un control estricto sobre la utilización de maderas latifoliadas en Venezuela, aduciendo disminución del impacto ambiental debido a manejo inescrupuloso de los bosques, pero también es cierto que desde hace más de 40 años, se ha venido desarrollando plantaciones de árboles de pino Caribeae var.

hondurensis, mejor conocido como Pino Caribe, el sector de Uverito al sur del Estado Monagas, que hoy en día abarca también una buena extensión del sur del estado Anzoátegui. Esto representa una ventaja, ya que puede explotarse industrialmente, manteniendo continuamente programas de reforestación, por lo que el impacto sobre el ambiente por este concepto es casi nulo.

La madera en sí posee cualidades amigables con el medio ambiente, al ser un material biodegradable, que utilizado adecuadamente puede resultar en una ventaja económica al construir viviendas de menor costo, utilizando mano de obra originaria, al no necesitarse gran especialización en la mano de obra.

Es importante mencionar que la utilización de maderas en estructuras de entre pisos y techos disminuye los pesos propios, los cuales al ser más ligeras, tienen un mejor comportamiento sísmico resistente.

Entre las desventajas de su uso se encuentra la necesidad de protegerla contra el medio ambiente y de la proliferación de insectos que puedan ocasionar daños eventuales en la estabilidad de la estructura, así como de focos de altas temperaturas que puedan ocasionar llamas y un incontrolable incendio.

5.3 Análisis de las diferentes normas actuales aplicables al cálculo de estructuras de madera.

En el método ASD, se evalúan y cuantifican las condiciones de carga requeridas, llamadas cargas de servicio, las cuales se utilizan directamente, mientras que en el método de la resistencia (LRFD), las cargas se modifican multiplicándolas por un factor de carga para producir una carga de diseño, llamada carga factorizada.

Los procedimientos de diseño, buscan evaluar la respuesta de la estructura al tipo de carga y, en especial, a la magnitud de la carga requerida determinada. En el método de los esfuerzos admisibles (ASD), esta evaluación consiste en cierta forma en un análisis de esfuerzos. En el método de la resistencia (LRFD), la evaluación se hace para establecer la condición límite (resistencia última) para la estructura, según el tipo de carga.

Teniendo en cuenta las diferencias entre el método ASD y LRFD, se ha encontrado que, para otros materiales como el acero, el diseño por LRFD, es eficiente, dado que se lleva el material al estado límite bajo ciertas condiciones de carga que pueden variar de acuerdo a su análisis; mientras que por la ASD se trabaja una metodología con factores de seguridad, que en ocasiones puede ser elevado, en condiciones que no son desfavorables.

De esta manera el diseño estructural de edificaciones en madera bajo el método LRFD se empieza a desarrollar hasta 1998, cuando el American Society for Testing and Materials (ASTM) hace pública la referencia ASTM D5457-93: Especificación estándar para calcular la resistencia de materiales a base de madera y conexiones estructurales para diseño por factores de carga y resistencia (LRFD). La obtención de los valores apropiados del material para el método LRFD mediante la conversión del método ASD, se realizó bajo dos procedimientos, en el primero se asumió: la relación de carga viva a carga muerta, los factores de conversión para la relación del esfuerzo admisible (f) y el índice de confiabilidad (ϕ).

Las normas Americanas sobre la construcción con elementos de madera parte del compendio que establece el National Design Specification for Wood Construction, el Reglamento General de Edificaciones de República Dominicana, el Reglamento Argentino de Estructuras de Madera, Normas Ecuatorianas de Construcción Estructuras de Madera (NEC) “Estructuras de Madera”, Manual de

Diseño para Maderas del Grupo Andino y las Normas Venezolanas para El Diseño de Estructuras de Madera, publicadas por el Ministerio de Obras Públicas (MOP) en 1955.

5.4 Identificación de las metodologías para el análisis de estructuras de madera utilizadas en edificaciones.

Los requisitos de diseño estructural para edificaciones en madera, bajo el método de Esfuerzos Admisibles (por sus siglas en inglés, ASD), basado en un principio determinístico que compara los esfuerzos actuantes contra los admisibles del material. El método proporciona un factor de seguridad aún mayor en el proceso de diseño, ya que las cargas de servicio son usadas directamente, lo que conlleva a que los diseños presenten mayores secciones en los elementos, consecuentemente aumentando los costos de construcción. En otros países, específicamente en Estados Unidos, se emplea el método de Diseño por Factores de Carga y Resistencia (por sus siglas en inglés LRFD), que a diferencia de la metodología ASD, se basa en un principio probabilístico y compara la resistencia requerida contra la nominal, y que, aplicado en otros materiales como el acero, se obtiene mayor aprovechamiento de estos, por lo tanto, disminuyen los costos de construcción al reducir las secciones de los elementos.

Aunque el diseño de estructuras en madera no es común, si se han desarrollado diferentes normativas en lo referente al diseño y a la construcción de estas, tradicionalmente el diseño estructural se ha realizado bajo el método de esfuerzos admisibles (ASD), esto debido a que la investigación en el tema ha sido limitada. Sin embargo, el diseño mediante el método de factores de carga y resistencia (LRFD), se ha desarrollado recientemente con el propósito de aprovechar al máximo la capacidad estructural de las edificaciones. El principal inconveniente del método de factores de carga y resistencia (LRFD), eran los valores establecidos

para el factor de resistencia ϕ , ya que al ser la madera un material de propiedades variables, este factor de resistencia se convertía en incierto, no era sencillo asegurar que el factor establecido brindara el nivel de seguridad requerido.

5.5 Aplicación de la metodología de cálculo ASD a los principales elementos estructurales del techo del Museo Geológico.

Se aplicará la metodología ASD a las correas de techo y a las armaduras, de manera de verificar que la madera de pino Caribae var. hondurensis, cumple con los requisitos para ser utilizada como madera estructural.

Determinación de las cargas de diseño

Machihembrado de pino 0,018 m x 900 kg/m ³	16,20 kg/m ²
Tejas asfálticas	8,00 kg/m ²
Manto fibra de vidrio e= 3 mm	4,00 kg/m ²
Total carga techo	28,20 kg/m ²

Verificación de las Correas de techo

Carga sobre la correa

Separación entre correas: 0,70 m

$$q = 28,20 \text{ kg/m}^2 \times 0,70 \text{ m} = 19,74 \text{ kg/m}$$

$$q_{x1} = 19,74 \text{ kg} \cdot \text{sen}(16^\circ) = 5,44 \text{ kg}$$

$$q_{y1} = 19,74 \text{ kg} \cdot \text{cos}(16^\circ) = 18,98 \text{ kg}$$

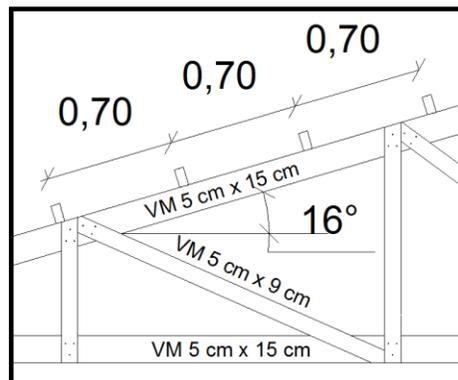


Figura 5.1 Detalles Armadura

Sobrecarga de viento sobre la cubierta, considerando solo la presión:

$$W_y = 30 \text{ kg/m}^2 \times 0,70 \text{ m} = 21,00 \text{ kg/m}$$

Carga de montaje en la mitad de la luz de las correas

$$P = 100 \text{ kg}$$

$$P_x = 100 \text{ kg} \cdot \text{sen}(16^\circ) = 27,56 \text{ kg}$$

$$P_y = 100 \text{ kg} \cdot \cos(16^\circ) = 96,13 \text{ kg}$$

Peso propio de las correas (5 cm x 10 cm)

$$g = 0,10 \text{ m} \times 0,05 \text{ m} \times 500 \text{ kg/m}^3 = 2,50 \text{ kg/m}$$

$$g_x = 2,50 \text{ kg} \cdot \sin(16^\circ) = 0,69 \text{ kg}$$

$$g_y = 2,50 \text{ kg} \cdot \cos(16^\circ) = 2,40 \text{ kg}$$

Combinaciones de carga

I) Carga muerta + Carga por viento

$$q_x = (q_{x1} + g_x) = 5,44 \text{ kg} + 0,69 \text{ kg} = 6,13 \text{ kg}$$

$$q_y = (q_{y1} + g_y) + W_y = (18,98 \text{ kg} + 2,40 \text{ kg}) + 21,00 \text{ kg} = 42,38 \text{ kg}$$

II) Carga Muerta + Carga de Montaje

$$q_x = (q_{x1} + g_x) = (5,44 \text{ kg} + 0,69 \text{ kg}) = 6,13 \text{ kg}$$

$$P_x = 27,56 \text{ kg}$$

$$q_y = (q_{y1} + g_y) = (18,98 \text{ kg} + 2,40 \text{ kg}) = 21,38 \text{ kg}$$

$$P_y = 96,13 \text{ kg}$$

Diseño de las correas (Determinación de momentos)

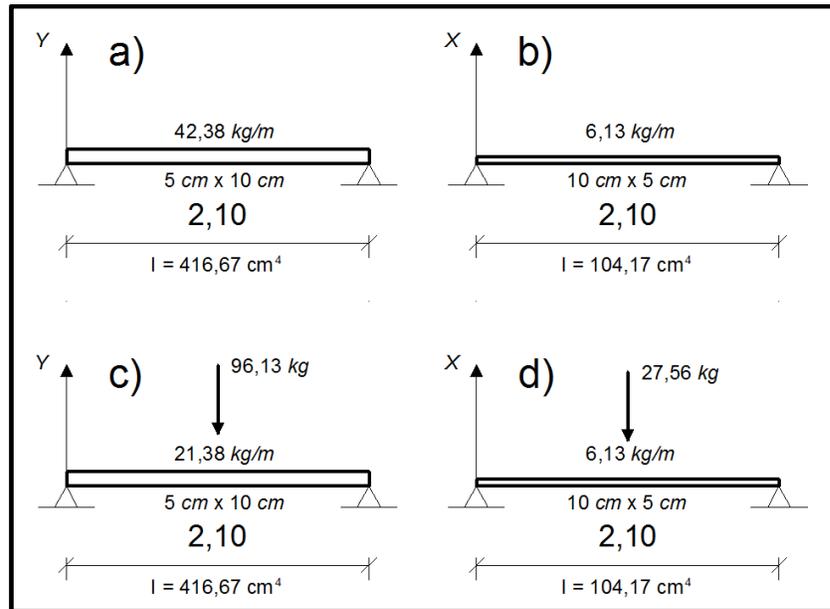


Figura 5.2 Cargas actuantes sobre las correas

$$a) \quad M_{max} = q_{ya} \cdot L^2 / 8 = 42,38 \text{ kg/m} * (2,10 \text{ m})^2 / 8 = 23,36 \text{ kg.m}$$

$$R_{max} = 42,38 \text{ kg/m} * (2,10 \text{ m}) / 2 = 44,5 \text{ kg}$$

$$b) \quad M_{max} = q_{yb} \cdot L^2 / 8 = 6,13 \text{ kg/m} * (2,10 \text{ m})^2 / 8 = 3,38 \text{ kg.m}$$

$$R_{max} = 6,13 \text{ kg/m} * (2,10 \text{ m}) / 2 = 6,44 \text{ kg}$$

$$V_{max} = \sqrt{(44,5 \text{ kg})^2 + (6,44)^2} = 44,96 \text{ kg}$$

$$c) \quad M_{max} = q_{yc} \cdot L^2 / 8 + P_{yc} \cdot L / 4 = 21,38 \text{ kg/m} * (2,10 \text{ m})^2 / 8 + 96,13 \text{ kg} * 2,10 \text{ m} / 4 = 11,79 \text{ kg.m} + 50,47 \text{ kg.m} = 62,26 \text{ kg.m}$$

$$R_{max} = 21,38 \text{ kg/m} * (2,10 \text{ m})/2 + 96,13 \text{ kg}/2 = 70,51 \text{ kg}$$

$$d) M_{max} = q_{yd} \cdot L^2/8 + P_{yd} \cdot L/4 = 6,13 \text{ kg/m} * (2,10 \text{ m})^2/8 + 27,56 \text{ kg} * 2,10 \text{ m}/4 = 3,38 \text{ kg.m} + 14,47 \text{ kg.m} = 17,85 \text{ kg.m}$$

$$R_{max} = 6,13 \text{ kg/m} * (2,10 \text{ m})/2 + 27,56 \text{ kg}/2 = 20,22 \text{ kg}$$

$$V_{max} = \sqrt{(70,51 \text{ kg})^2 + (20,22)^2} = 73,35 \text{ kg}$$

De los valores de momentos flectores obtenidos para cada hipótesis se eligen f_{bx} y f_{by} más desfavorables:

$$f_{bx} = M_x/S_x = 6226 \text{ kg.cm} / 83,33 \text{ cm}^3 = 74,71 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{by} = M_y/S_y = 1785 \text{ kg.cm} / 41,67 \text{ cm}^3 = 42,84 \text{ kg/cm}^2$$

$$S_x = \frac{I_x}{C} = \frac{416,67 \text{ cm}^4}{10/2 \text{ cm}} = 83,33 \text{ cm}^3$$

$$S_y = \frac{I_y}{C} = \frac{104,17 \text{ cm}^4}{5/2 \text{ cm}} = 41,67 \text{ cm}^3$$

$$\frac{74,71 \text{ kg/cm}^2}{146 \text{ kg/cm}^2} + \frac{41,67 \text{ kg/cm}^2}{146 \text{ kg/cm}^2} = 0,795 < 1 \quad oK$$

Tabla 5.1 Esfuerzos admisibles en madera de Coníferas (Pino Caribe)

Esfuerzos admisibles en madera de Coníferas (Pino Caribe)							
Clase	Flexión	Tracción	Comp.	Comp.	Cortante	Módulo	Densidad

	Kg/cm^2	paralela Kg/cm^2	// Kg/cm^2	\perp Kg/cm^2	Kg/cm^2	Elasticidad Kg/cm^2	Kg/m^3
C	146	120	80	34	17	68100	350

Correa asumida 5 cm x 10 cm

$$I_x = 416,67 \text{ cm}^4$$

Requisito de arriostramiento

$$\frac{h}{b} = \frac{10 \text{ cm}}{5 \text{ cm}} = 2 \quad \text{No requiere apoyo lateral}$$

Deflexiones admisibles

Para cargas permanentes, propias o muertas

$$\Delta_{m\acute{a}x} = L/180 = 210/180 = 1,17 \text{ cm}$$

Para cargas variables (Acci3n del viento)

$$\Delta_{m\acute{a}x} = L/240 = 210/240 = 0,88 \text{ cm}$$

Deflexi3n de la correa (considerando tramo simplemente apoyado)

Para carga distribuida

$$L = 2,10 \text{ m} - 0,05 \text{ m} = 2,05 \text{ m}$$

$$W_{CM} = 21,38 \text{ kg/m} = 0,2138 \text{ kg/cm}$$

$$W_W = 42,38 \text{ kg/m} = 0,4238 \text{ kg/cm}$$

$$\Delta_{CM} = \frac{5}{384} \cdot \frac{W \cdot L^4}{E \cdot I} = \frac{5 \times 0,2138 \text{ kg/cm} \times (205 \text{ cm})^4}{384 \times 68100 \text{ kg/cm}^2 \times 416,67 \text{ cm}^4} = 0,173 \text{ cm} < 1,17 \text{ cm}$$

$$\Delta_{CW} = \frac{5}{384} \cdot \frac{W \cdot L^4}{E \cdot I} = \frac{5 \times 0,4238 \text{ kg/cm} \times (205 \text{ cm})^4}{384 \times 68100 \text{ kg/cm}^2 \times 416,67 \text{ cm}^4} = 0,343 \text{ cm} < 0,88 \text{ cm}$$

Cortes Actuantes

Para

$$V = 73,35 \text{ kg} - 21,38 \text{ kg/m} (0,025 \text{ m} + 0,10 \text{ m}) = 70,67 \text{ kg}$$

$$\tau = \frac{3}{2} \cdot \frac{70,67 \text{ kg}}{5 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}} = 2,12 \text{ kg/cm}^2 < 17 \text{ kg/cm}^2$$

Verificación de las armaduras de techo

Tabla 5.2 Resumen esfuerzos máximos en armadura (SAP-2000)

Elemento	Axial (kg)	Momento (kg.m)	Longitud (m)
Cordón Superior	-2816	53,26	1,76

Cordón Inferior	+2650	41,60	1,75
Diagonales	-675		2,06
Montantes	+843		1,65

Cordón superior (flexo-compresión)

La longitud efectiva para el cordón superior, será la distancia entre correas

$$L_{ef} = 0,70m - 0,05 m = 0,65 m$$

$$C_k = 0,7025 \cdot \sqrt{\frac{68100}{80}} = 20,50$$

$$\lambda = \frac{65 \text{ cm}}{5 \text{ cm}} = 13 \quad 10 > 13 > 20,50 \text{ (Columna Intermedia)}$$

$$P_{adm} = 80 \text{ kg/cm}^2 \times (5 \text{ cm} \times 15 \text{ cm}) \cdot \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{13}{20,5} \right)^4 \right] = 5.676 \text{ kg} > 2.816 \text{ kg}$$

Chequeo Flexo-compresión

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{5 \text{ cm} \times (15 \text{ cm})^3}{12} = 1406,25 \text{ cm}^4$$

$$Z = \frac{I}{C} = \frac{1406,25 \text{ cm}^4}{\frac{15 \text{ cm}}{2}} = 187,50 \text{ cm}^3$$

$$k_m = 1 - \frac{3 P}{2 P_{cr}}$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L_{ef}^2} = \frac{\pi^2 \times 61000 \times 1406,25}{65^2} = 200.385 \text{ kg}$$

$$k_m = \frac{1}{1 - \frac{3}{2} \frac{P}{P_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{3}{2} \frac{(2816)}{(200385)}} = 1,03$$

$$\frac{2816}{5676} + \frac{1,03 \times 5326 \text{ kg} \cdot \text{cm}}{187,50 \text{ cm}^3 \cdot 146 \text{ kg/cm}^2} = 0,496 + 0,20 = 0,696 < 1,00$$

Cordón Inferior (Flexo-tracción)

$$\frac{P_{Act}}{A \cdot f_t} + \frac{M_{act}}{Z \cdot f_m} \leq 1$$

$$\frac{2650 \text{ kg}}{(5 \text{ cm} \times 15 \text{ cm}) \cdot 120 \text{ kg/cm}^2} + \frac{4160 \text{ kg} \cdot \text{cm}}{187,50 \text{ cm}^3 \cdot 146 \text{ kg/cm}^2} \leq 1$$

$$0,290 + 0,152 \leq 1$$

$$0,442 < 1 \quad oK$$

Diagonales (Compresión)

$$L = 206 \text{ cm}$$

$$P_{Act} = -675 \text{ kg}$$

$$L_{ef} = 206 \text{ cm} - 15 \text{ cm} = 191 \text{ cm}$$

$$C_k = 0,7025 \cdot \sqrt{\frac{68100}{80}} = 20,50$$

$$\lambda = \frac{191 \text{ cm}}{5 \text{ cm}} = 38,2 \quad 20,50 > 38,2 < 50 \text{ (Columna Larga)}$$

$$P_{adm} = 0,329 \frac{E \cdot A}{(\lambda)^2} \quad (3.XX)$$

$$P_{adm} = 0,329 \times \frac{68100 \times (5 \text{ cm} \times 15 \text{ cm})}{(38,2)^2} = 1151,53 \text{ kg}$$

$$1151,53 \text{ kg} > 675,00 \text{ kg} \quad oK$$

Montantes (Tracción)

$$L = 165 \text{ cm}$$

$$P_{Act} = +843 \text{ kg}$$

$$L_{ef} = 165 \text{ cm} - 15 \text{ cm} = 150 \text{ cm}$$

$$\frac{N}{A \cdot f_t} \leq 1$$

$$\frac{843}{(5 \text{ cm} \times 9 \text{ cm}) \cdot 120 \text{ kg/cm}^2} \leq 1$$

$$A \cdot f_t = (5 \text{ cm} \times 9 \text{ cm}) \cdot 120 \text{ kg/cm}^2 = 5400 \text{ kg}$$

$$P_{adm} = 0,16 < 1,00 \quad oK$$

Deflexiones admisibles en la armadura

Para cargas permanentes, propias o muertas + viento

$$L = 10,35 \text{ m}$$

$$\Delta_{m\acute{a}x} = L/300 = 1035/300 = 3,45 \text{ cm}$$

Deflexion arrojada por SAP – 2000 = 1,82 cm

$$3,45 \text{ cm} > 1,82 \text{ cm} \quad \text{ok}$$

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Las edificaciones del Museo Geológico del Núcleo Bolívar de la Universidad de Oriente, se encuentran conformadas por tres edificaciones principales, denominadas Geos Mundo, Geos Venezuela y Taller de Corte de Diamantes, siendo las dos primeras de especial carácter por pertenecer al patrimonio histórico de la ciudad.
2. Las maderas en Venezuela como país tropical, posee una exuberante y rica vegetación, conformada por bosques de galería, posee una variedad de especies de maderas muy dura como el Algarrobo, el Araguaney, el Puy y el Roble; maderas duras, como el Pardillo; maderas semi duras, como el Samán y maderas blandas como el Balsa o el Cedro.
3. La explotación de maderas latifoliadas o frondosas en Venezuela, ha venido en descenso en los últimos años., pero se ha mantenido la explotación de los bosques de Uverito en el Estado Monagas, con sembradíos de pino Caribaea var. hundarensis, los cuales deberían mantenerse en constante reforestación.
4. El uso de madera como elementos estructurales en edificaciones, constituidos por material renovable y biodegradable con bajo impacto ambiental en su utilización, permite la construcción de edificaciones más ligeras con menor masa sísmica, tanto a nivel de techo como de entrepisos.
5. Existen internacionalmente diferentes teoría para el cálculo de los elementos estructurales de madera, como o son la metodología de los esfuerzos admisibles (ASD) y la teoría de la resistencia límite de diseño (LRFD), siendo la de mayor aplicación en Venezuela la ASD, por falta de actualización de las diferentes propiedades mecánicas de las maderas y de las normas aplicables.

6. Las normas Americanas sobre la construcción con elementos de madera parte del compendio que establece el National Design Specification for Wood Construction, el Reglamento General de Edificaciones de República Dominicana, el Reglamento Argentino de Estructuras de Madera, Normas Ecuatorianas de Construcción Estructuras de Madera (NEC) “Estructuras de Madera”, Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino y las Normas Venezolanas para El Diseño de Estructuras de Madera, publicadas por el Ministerio de Obras Públicas (MOP) en 1955.
7. Se verificaron las dimensiones originales de las correas de techo y de las armaduras de madera, utilizando pino caribaea, donde se obtuvieron resultados que confirman la posibilidad de utilizar madera de pino para la rehabilitación de las estructuras existentes de los diferentes pabellones.
8. Se verificaron los esfuerzos esviados debido a momento en las correas del techo inclinado (5 cm x 10 cm) dando una relación de $0,795 < 1$.
9. La deflexión máxima en las correas se estimó para carga de viento en 0,342 cm, menor a los 0,88 cm permisibles y el corte unitario se ubicó en $2,12 \text{ kg/cm}^2$ menor que el permisible de 17 kg/cm^2 .
10. Las armaduras de maderas, fueron evaluadas, utilizando el software SAP-2000, el cual arrojó como esfuerzos más desfavorables una fuerza axial de +2650 kg, momento de 41,60 Kg.m en una longitud de 1,75 m en el cordón inferior. Para el cordón superior obtuvimos una fuerza axial de -2816 kg, 52,36 kg.m de momento en una longitud, de 1,76 m. El esfuerzo más desfavorable en las diagonales es de -675 kg en una longitud de 2,06 y para los montantes el esfuerzo determinado es de +843 kg en una longitud máxima de 1,65m.
11. El chequeo por flexo-tracción en el cordón inferior $0,696 < 1,00$.
12. El chequeo por flexo-compresión en el cordón superior $0,442 < 1,00$

13. La compresión en diagonales (5 cm x 9 cm) de 675 kg es menor que la compresión permisible de 1151,53 kg
14. El esfuerzo máximo a tracción en montantes (5 cm x 9 cm) es de +843 kg es menor que el esfuerzo máximo admitido de + 5400 kg.
15. La deflexión calculada en la armadura es de 1,82 cm y la máxima permisible es de 3,45 cm
16. Los resultados obtenidos demuestran que el pino caribaea, es apto para ser utilizado como madera estructural en los pabellones del Museo Geológico de la Escuela de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Oriente.

Recomendaciones

1. Se recomienda continuar con estudios pertinentes para la actualización de normas sobre estructuras de madera en Venezuela.
2. Es necesario fomentar el uso de madera de pino Caribaea como elementos estructurales en edificaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y ELECTRÓNICAS

Balestrini, M. (2001). “*¿Cómo Elaborar el Proyecto de Investigación?*” Caracas: B&L Servicio Editorial.

Blasco, J. y Arriaga, F. (2007). *Estructuras de madera* (Jornadas de introducción). Trabajo no publicado. Madrid, España.

Fidias G. Arias (2012). *El Proyecto de Investigación*. (6ª ed.), Venezuela.

Hernández, R, Fernández, C. y Baptista, P. (2006). *Metodología de la Investigación*. Editorial McGraw-Hill Interamericana, S.A, México.

Hurtado de Barrera, J. (2010). *El Proyecto de Investigación*. Comprensión Holística de la Metodología y la Investigación. Edit. Quirón. Caracas, Bogotá.

Hurtado Zorrilla, Luis Emilio (2006), citado por José Ernesto Becerra Golindano. *Cerro Bolívar Pionero del desarrollo Integral de Guayana*. Descargado de <http://elcerrobolivar.blogspot.com/2006/12/> , enero 2022.

Ministerio de Obras Públicas (1955). *Norma para el Diseño de Estructuras de Madera*. Caracas, Venezuela.

National Forest Products Association (1977), “*National Design Specification for Wood Construction*”, Washington, D.C.

Parker, Harry 1972). “*Diseño Simplificado de Estructuras de Madera*”. Editorial Limusa México, D. F.

Pérez, A. (2005). “*Guía Metodológica para Anteproyecto de Investigación*”. Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador. FEDEUPEL. Venezuela, Caracas.

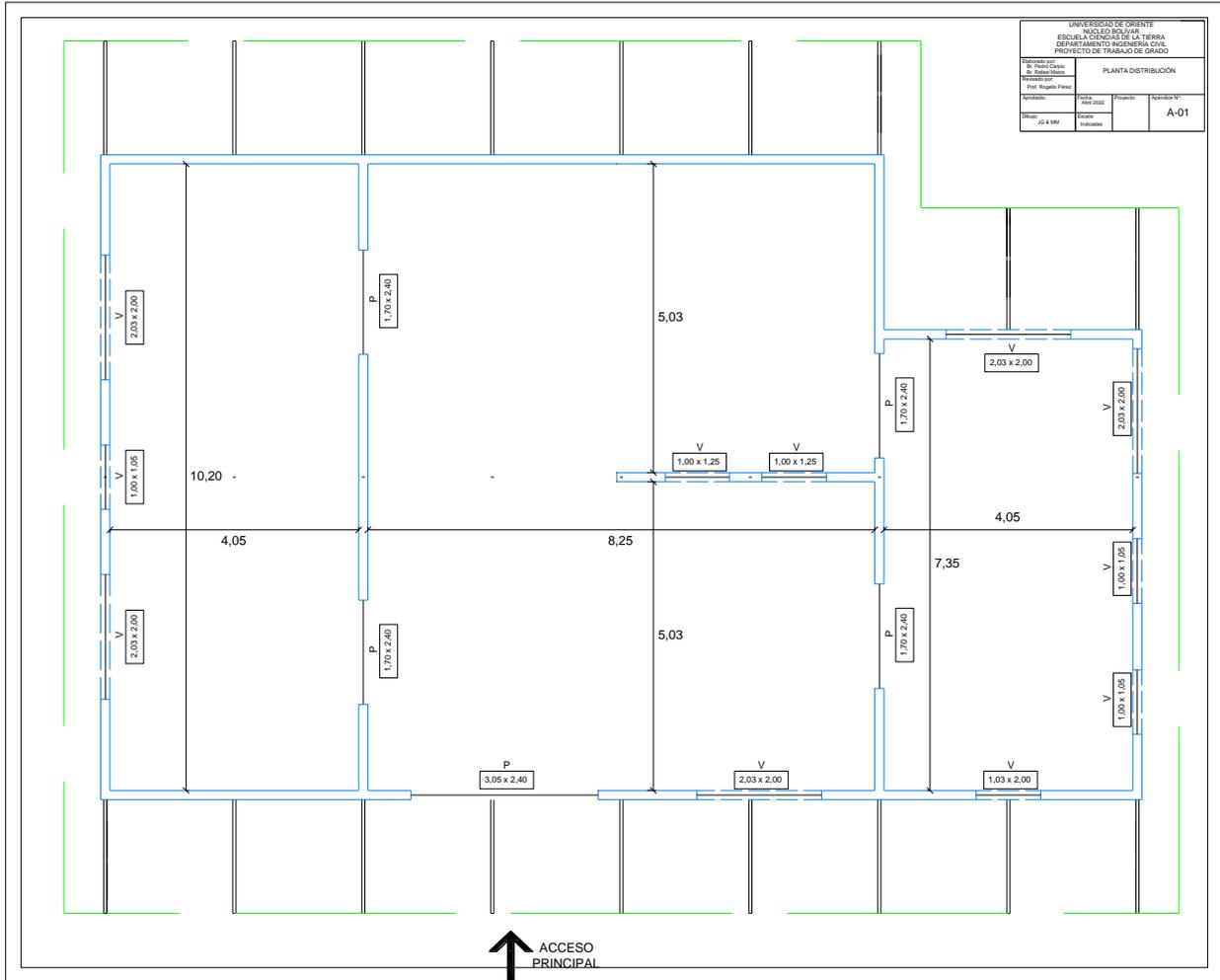
Proyectos Andinos de Desarrollo Tecnológico en el Área de los Recursos Forestales Tropicales (1984). *Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino*. Editado por la Junta de Acuerdo de Cartagena, Lima, Perú.

Reyes, E.; Valero, S.; Molina, Y. y Betancourt, J. (2015). *Propiedades Mecánicas de la Madera de Pinus Caribaea var. hondurensis Resinados y no Resinados de la Plantación de Uverito, Estado Monagas, Venezuela*. Revista Forestal de Venezuela. Año XLIX, Vol. 59 pp. 63-75. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad de los Andes. Mérida.

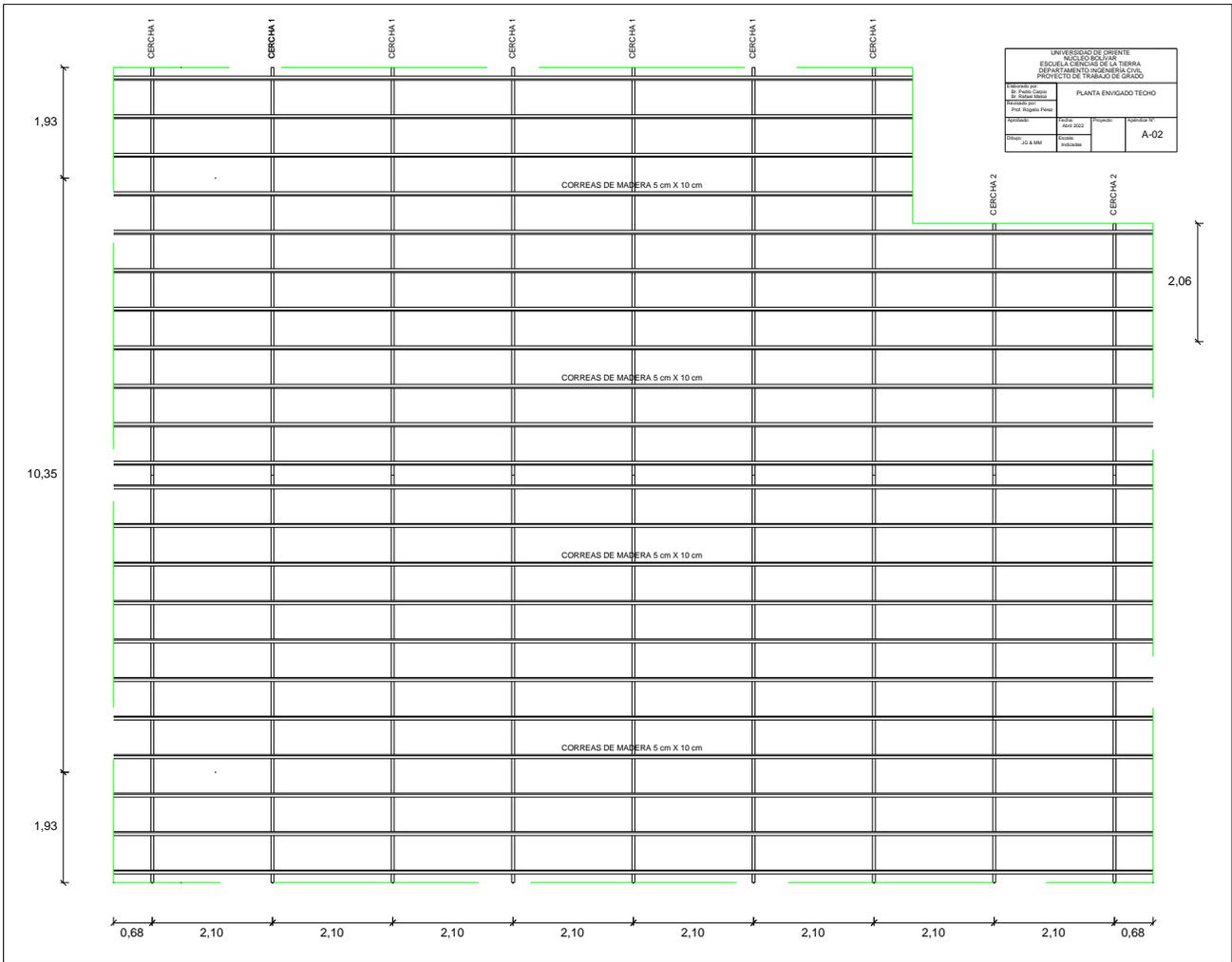
Tamayo, M. (2001). *“El Proceso de la Investigación Científica”*. Ediciones Limusa, México.

Vargas, Z. (2009). *La investigación aplicada. Una forma de conocer las realidades con evidencia científica*. Revista Educación. Vol 33 N° 1. U. de Costa Rica.

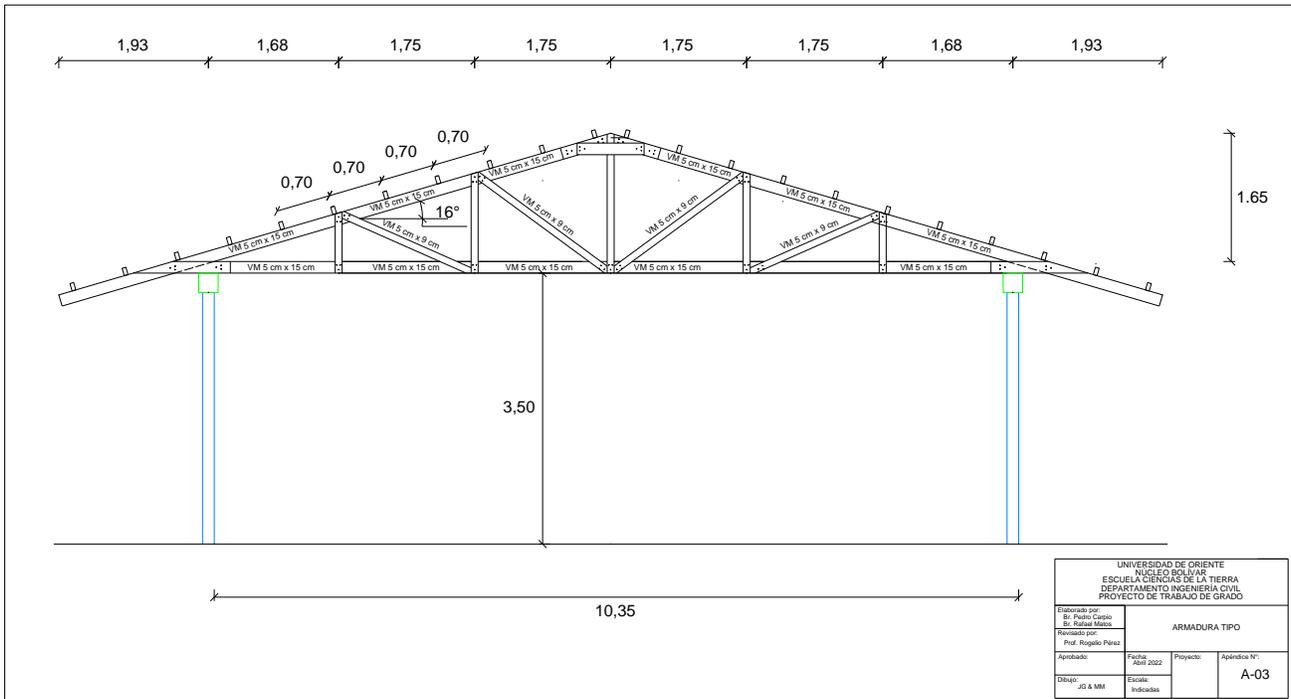
APÉNDICES



Apéndice A-01 Planta de Distribución Pabellon GEOS MUNDO



Apéndice A-02 Envigado de techo Pabellon GEOS MUNDO



Apéndice A-03 Armadura Tipo

Apndice A-01 Desplazamientos en juntas armadura

SAP2000 v7.12 File: ARMADURA Kgf-m Units PAGE 1
4/26/22 10:03:43

J O I N T D I S P L A C E M E N T S

JOINT	LOAD	U1	U2	U3	R1	R2	R3
1	LOAD1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0115	0.0000
2	LOAD1	9.695E-04	0.0000	-0.0142	0.0000	4.846E-03	0.0000
3	LOAD1	1.983E-03	0.0000	-0.0179	0.0000	8.255E-04	0.0000
4	LOAD1	2.829E-03	0.0000	-0.0182	0.0000	0.0000	0.0000
5	LOAD1	3.676E-03	0.0000	-0.0180	0.0000	-8.179E-04	0.0000
6	LOAD1	4.691E-03	0.0000	-0.0142	0.0000	-4.850E-03	0.0000
7	LOAD1	5.662E-03	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0115	0.0000
8	LOAD1	3.426E-03	0.0000	-0.0142	0.0000	4.426E-03	0.0000
9	LOAD1	3.589E-03	0.0000	-0.0179	0.0000	5.820E-04	0.0000
10	LOAD1	2.832E-03	0.0000	-0.0178	0.0000	4.542E-05	0.0000
11	LOAD1	2.072E-03	0.0000	-0.0179	0.0000	-5.860E-04	0.0000
12	LOAD1	2.233E-03	0.0000	-0.0142	0.0000	-4.430E-03	0.0000

Apndice A-01 Reacciones en los apoyos

SAP2000 v7.12 File: ARMADURA Kgf-m Units PAGE 2
4/26/22 10:03:43

J O I N T R E A C T I O N S

JOINT	LOAD	F1	F2	F3	M1	M2	M3
1	LOAD1	0.0340	0.0000	1051.7306	0.0000	0.0000	0.0000
7	LOAD1	0.0000	0.0000	1039.8159	0.0000	0.0000	0.0000

Apéndice A-xx Esfuerzos en las barras de la armadura

SAP2000 v7.12 File: ARMADURA Kgf-m Units PAGE 3
4/26/22 10:03:43

FRAME ELEMENT FORCES

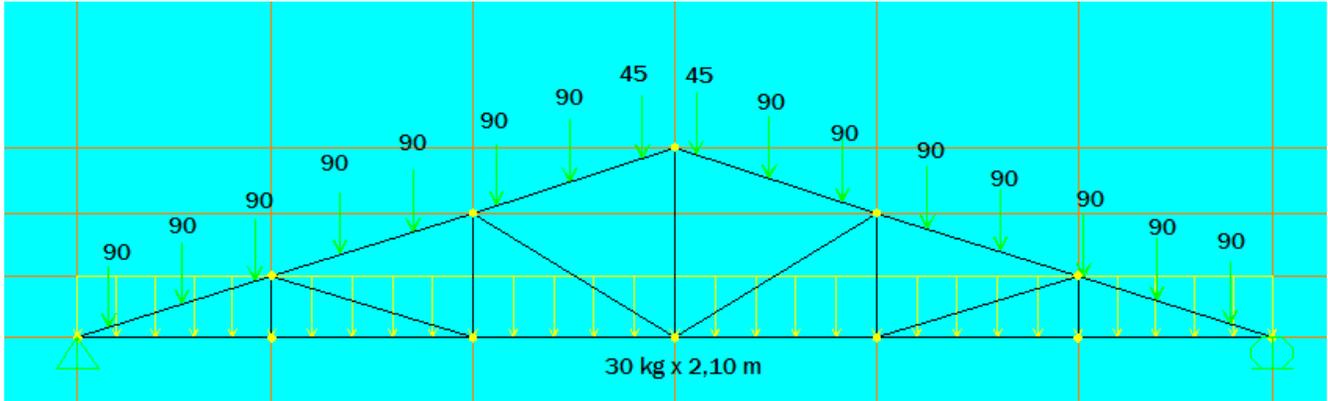
FRAME	LOAD	LOC	P	V2	V3	T	M2	M3
1	LOAD1							
		0.00	2640.28	-65.30	0.00	0.00	0.00	10.03
		4.2E-01	2640.28	-37.58	0.00	0.00	0.00	31.63
		8.4E-01	2640.28	-9.86	0.00	0.00	0.00	41.60
		1.26	2640.28	17.86	0.00	0.00	0.00	39.91
	1.68	2640.28	45.58	0.00	0.00	0.00	26.59	
2	LOAD1							
		0.00	2648.51	-35.43	0.00	0.00	0.00	22.39
		4.4E-01	2648.51	-6.55	0.00	0.00	0.00	31.58
		8.8E-01	2648.51	22.32	0.00	0.00	0.00	28.13
		1.31	2648.51	51.20	0.00	0.00	0.00	12.05
	1.75	2648.51	80.07	0.00	0.00	0.00	-16.67	
3	LOAD1							
		0.00	2212.61	-49.35	0.00	0.00	0.00	-5.44
		4.4E-01	2212.61	-20.47	0.00	0.00	0.00	9.83
		8.8E-01	2212.61	8.40	0.00	0.00	0.00	12.47
		1.31	2212.61	37.28	0.00	0.00	0.00	2.48
	1.75	2212.61	66.15	0.00	0.00	0.00	-20.15	
4	LOAD1							
		0.00	2213.69	-66.19	0.00	0.00	0.00	-20.22
		4.4E-01	2213.69	-37.31	0.00	0.00	0.00	2.42
		8.8E-01	2213.69	-8.44	0.00	0.00	0.00	12.43
		1.31	2213.69	20.44	0.00	0.00	0.00	9.80
	1.75	2213.69	49.31	0.00	0.00	0.00	-5.45	
5	LOAD1							
		0.00	2652.84	-80.17	0.00	0.00	0.00	-16.69
		4.4E-01	2652.84	-51.29	0.00	0.00	0.00	12.06
		8.8E-01	2652.84	-22.42	0.00	0.00	0.00	28.19
		1.31	2652.84	6.46	0.00	0.00	0.00	31.68
	1.75	2652.84	35.33	0.00	0.00	0.00	22.53	
6	LOAD1							
		0.00	2644.45	-45.32	0.00	0.00	0.00	26.78
		4.2E-01	2644.45	-17.60	0.00	0.00	0.00	40.00
		8.4E-01	2644.45	10.12	0.00	0.00	0.00	41.57
		1.26	2644.45	37.84	0.00	0.00	0.00	31.50
	1.68	2644.45	65.56	0.00	0.00	0.00	9.78	

Cont ...

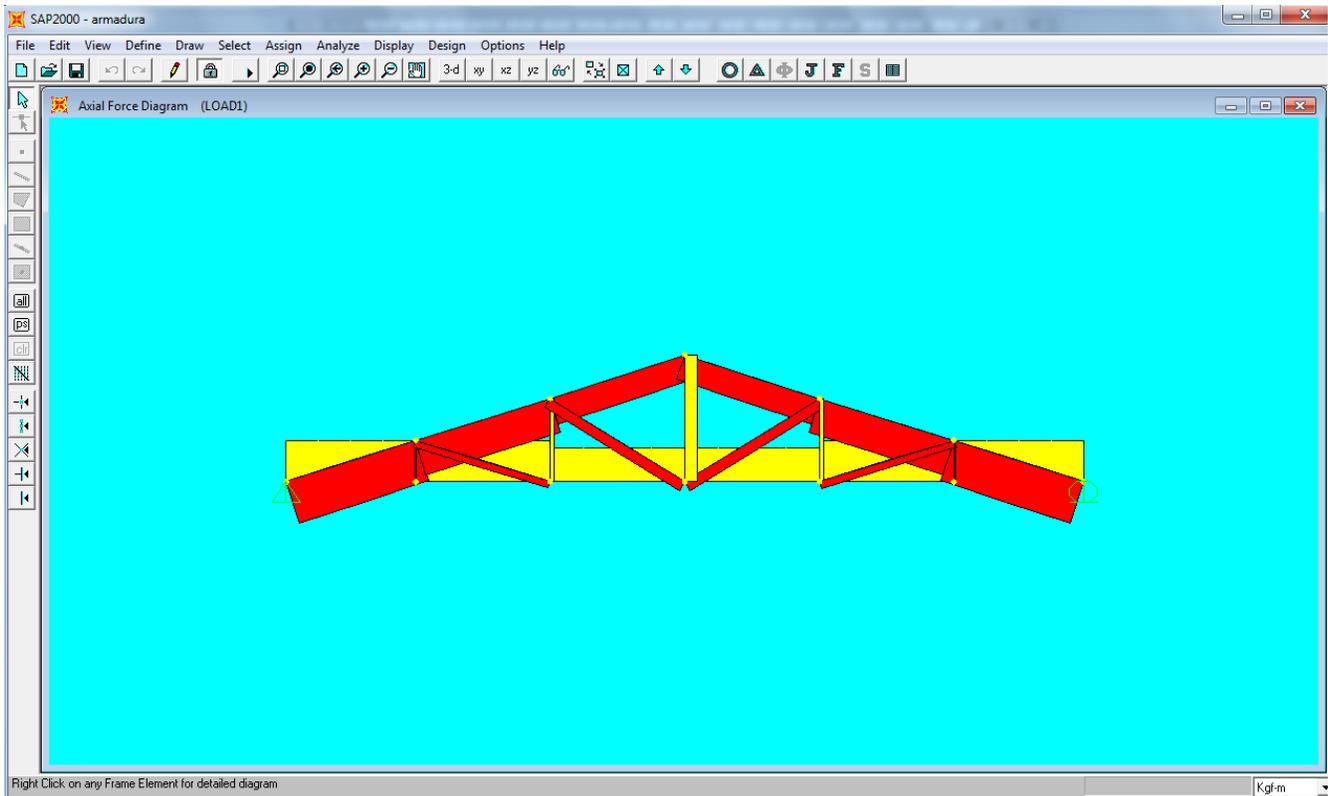
.... Cont.

7	LOAD1	0.00	-2815.51	-131.15	0.00	0.00	0.00	-10.03
		8.8E-01	-2787.16	-42.95	0.00	0.00	0.00	53.26
		1.76	-2731.27	130.94	0.00	0.00	0.00	7.35
8	LOAD1	0.00	-2357.29	-67.47	0.00	0.00	0.00	-7.971E-01
		9.2E-01	-2329.94	21.15	0.00	0.00	0.00	34.42
		1.83	-2302.59	109.78	0.00	0.00	0.00	-33.01
9	LOAD1	0.00	-1763.34	-119.16	0.00	0.00	0.00	-21.36
		9.2E-01	-1706.74	54.61	0.00	0.00	0.00	22.90
		1.84	-1691.94	100.02	0.00	0.00	0.00	-41.25
10	LOAD1	0.00	-1688.66	-110.84	0.00	0.00	0.00	-41.51
		9.2E-01	-1731.32	20.15	0.00	0.00	0.00	23.35
		1.84	-1760.05	108.35	0.00	0.00	0.00	-23.14
11	LOAD1	0.00	-2300.42	-120.40	0.00	0.00	0.00	-34.69
		9.2E-01	-2327.77	-31.77	0.00	0.00	0.00	35.08
		1.83	-2355.11	56.85	0.00	0.00	0.00	2.19
12	LOAD1	0.00	-2731.48	-143.79	0.00	0.00	0.00	10.42
		8.8E-01	-2787.38	30.09	0.00	0.00	0.00	50.67
		1.76	-2815.73	118.30	0.00	0.00	0.00	-9.78
13	LOAD1	0.00	81.00	-8.23	0.00	0.00	0.00	-4.20
		2.7E-01	81.54	-8.23	0.00	0.00	0.00	-1.98
		5.4E-01	82.08	-8.23	0.00	0.00	0.00	2.456E-01
14	LOAD1	0.00	-435.92	2.01	0.00	0.00	0.00	7.90
		9.2E-01	-436.46	3.76	0.00	0.00	0.00	5.26
		1.83	-437.00	5.51	0.00	0.00	0.00	1.02
15	LOAD1	0.00	263.51	19.96	0.00	0.00	0.00	10.21
		5.4E-01	264.59	19.96	0.00	0.00	0.00	-5.731E-01
		1.08	265.67	19.96	0.00	0.00	0.00	-11.35
16	LOAD1	0.00	-671.88	-2.15	0.00	0.00	0.00	-2.894E-01
		1.03	-672.96	-3.986E-01	0.00	0.00	0.00	1.02
		2.06	-674.04	1.35	0.00	0.00	0.00	5.302E-01

Apéndice A-xx Cargas en la Armadura



Apéndice A-xx Esfuerzos en la Armadura





Apéndice A-XX Detalle Armadura existente



Apéndice A-XX Estado actual de la estructura de techo del pabellón GEOS-MUNDO

ANEXOS

Anexo A-01 Clasificación de las propiedades mecánicas de Pino Caribaeae var. hondurensis, de la plantación de Uverito, Estado Monagas, Venezuela.

Clasificación de las propiedades mecánicas en clases y categorías para las maderas venezolanas (Ninin, 1987)

Propiedades Mecánicas	Clases	I	II	Pino resinado Promedio	*Pino no resinado Promedio
	Categorías	Muy baja	Baja		
Resistencia a la flexión estática	ELP (kg/cm ²)	< X 465,00	465,00 ≤ X ≤ 668,00	468,26	598,21
	MOR (kg/cm ²)	< X 745,00	745,00 ≤ X ≤ 1.060,00	642,09	791,33
	MOE (kg/cm ²)	< X 104.000,00	104.000,00 ≤ X ≤ 140.000,00	68.100,82	79.724,46
Resistencia a la compresión paralela al grano	ELP (kg/cm ²)	< X 305,00	305,00 ≤ X ≤ 425,00	153,13	210,15
	MR (kg/cm ²)	< X 400,00	400,00 ≤ X ≤ 565,00	229,25	310,74
	MOE (kg/cm ²)	< X 90.000,00	90.000,00 ≤ X ≤ 130.000,00	30.053,12	33.495,73
Resistencia a la compresión perpendicular al grano	ELP (kg/cm ²)	< X 40,00	40,00 ≤ X ≤ 67,00	54,95	59,17
Resistencia a la dureza	DL (kg)	< X 275,00	275,00 ≤ X ≤ 550,00	227,03	249,86
	DE (kg)	< X 400,00	400,00 ≤ X ≤ 695,00	361,18	374,93
Resistencia al cizallamiento	Cz (kg/cm ²)	< X 72,00	72,00 ≤ X ≤ 106,00	67,56	80,16
Resistencia a la tenacidad	Tn (kg-m)	< X 1,05	1,05 ≤ X ≤ 1,50	0,31	0,21

Anexo A-02 Carga admisible por clavo, Cizallamiento simple.

Longitud (l)		(d)	Carga admisible (kg)			$\frac{l}{d}$	mm						
mm	pulg		Grupo A	Grupo B	Grupo C								
51	2	2.4	36	28	20	21.3	12	14	19	24	26	38	48
		2.6	40	31	22	19.6	13	16	21	26	29	42	52
		2.9	46	36	25	17.6	15	17	23	29	32	46	58
		3.3	53	42	30	15.5	17	20	26	33	36	53	66
63	2 1/2	2.6	40	31	22	24.2	13	16	21	26	29	42	52
		2.9	46	36	25	21.7	15	17	23	29	32	46	58
		3.3	53	42	30	19.1	17	20	26	33	36	53	66
		3.7	61	48	35	17.0	19	22	30	37	41	59	74
76	3	3.3	53	42	30	23.0	17	20	26	33	36	53	66
		3.7	61	48	35	20.5	19	22	30	37	41	59	74
		4.1	70	54	39	18.5	21	25	33	41	45	65	82
89	3 1/2	3.7	61	48	35	24.1	19	22	30	37	41	59	74
		4.1	70	54	39	21.7	21	25	33	41	45	66	82
		4.5	78	61	44	19.8	23	27	36	45	50	72	90
102	4	4.1	70	54	39	24.9	21	25	33	41	45	66	82
		4.5	78	61	44	22.7	23	27	36	45	50	72	90
		4.9	87	68	49	20.8	25	29	39	49	54	78	98

Tipo de unión	Factor
a. Cizallamiento simple, clavo perpendicular al grano.	1.00
b. Cizallamiento simple, clavo a tope (paralelo al grano de la madera que contiene a la punta).	0.67
c. Cizallamiento simple, clavos lanceros.	0.83
d. Doble cizallamiento, clavo perpendicular al grano.	1.80

(*) Multiplicar los valores de la Tabla por los factores indicados.

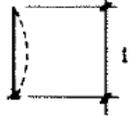
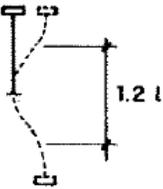
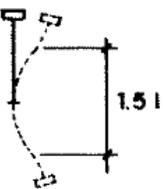
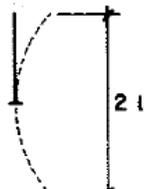
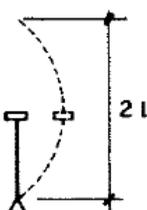
Anexo A-03 Factores modificadores de las cargas admisibles para uniones clavadas

Deflexiones límites

Construcción	L	S o W	D+L
Elementos de techo			
-Con cielos enyesados	1/360	1/360	1/240
-Sin cielos enyesados	1/240	1/240	1/180
-No soportan cielos	1/180	1/180	1/120
Elementos de piso	1/360	-	1/240
Paredes exteriores y tabiquerías interiores			
-Con acabados frágiles	-	1/240	-
-Con acabados flexibles	-	1/120	-
Agrícolas	-	-	1/180
Invernaderos	-	-	1/120

Fuente: Design of Wood Structures ASD/LRFD.

Anexo A-04 Factores modificadores de las cargas admisibles para uniones clavadas

LONGITUD EFECTIVA			
CONDICION DE APOYO	k	l_{ef}	
1. Articulado en ambos extremos.	1	l	
2. Empotrado en un extremo (prevención del desplazamiento y rotación) y el otro impedido de rotar pero libre de desplazarse.	1.2	$1.2 l$	
3. Empotrado en un extremo y el otro parcialmente impedido de rotar pero libre de desplazarse.	1.5	$1.5 l$	
4. Empotrado en un extremo y libre en el otro.	2.0	$2 l$	
5. Articulado en un extremo y el otro impedido de rotar, pero libre de desplazarse.	2.0	$2 l$	

ANEXO A-05 Longitud efectiva en elementos de madera sometidos a compresión

COEFICIENTES DE TRABAJO DE LAS MADERAS

Nombre común de la madera	Nombre científico de la madera	Flexión		Compresión		Esfuerzo cortante
		Coeficiente de trabajo R_{m1} Kg/cm ² .	Módulo de elasticidad E_m Kg/cm ²	Paralela a las fibras	Perpendicular a las fibras	Paralelo a las fibras
				R_{m2} Kg/cm ² .	R_{m3} Kg/cm ² .	R_{m4} Kg/cm ² .
Factor de seguridad 15	Factor de seguridad 8	Factor de seguridad 2,50	Factor de seguridad 7			
A1 MADERAS MUY DURAS						
Araguaney	Tecoma-Chrisantha ..	110	199000	110	100	13
Bálsamo	Myroxylum Toluiferum.	120	188000	120	60	15
Canalete	Cordia Spondioides ..	110	166000	110	90	13
Cartán	Centrolubium Orino- censi	90	132000	90	90	11
Curarí	Tecoma-Serratifolia ..	120	206000	120	60	15
Gateado	Astronium Graveolens.	100	178000	100	50	12
Granadillo (Ebano) ..	Libidibia Granadillo..	100	89000	100	50	12
Mora	Chlorophora Tinctoria.	100	148000	100	40	12
Pilón	Andira inermis	100	176000	100	50	12
Roble	Catalpa longisiliqua..	120	201000	120	60	15
Vera	Burmesia roborea ...	120	161000	120	60	15
A2 MADERAS DURAS						
Angelino	Homalium pedicella- tum	70	126000	70	30	12
Carreto	Sickingia eritroxylon.	80	118000	80	35	13
Orozul	Calatula Venezuelana.	80	168000	80	35	11
Pardillo	Cordia alliodora	70	117000	70	30	10
Pitchpine		75	145000	75	30	11
A2 MADERAS SEMI-DURAS						
Apamate	Tecoma. Pentaphilla..	55	114000	55	27	10
Caoba	Swietenia. Candollei..	50	92000	50	25	9
Jabillo	Mura crepitans	40	71000	40	20	6
Hueso de pescado ...	Enterolobium	55	91000	55	27	12
Samán		45	82000	45	22	9
MADERAS BLANDAS						
Balsa		15	38000	15	7	3
Cedro		35	71000	35	17	7
Mijague		35	56000	35	17	6

ANEXO A-06 Coeficiente de trabajo de maderas Venezolanas

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/6

Título	PROPUESTA ESTRUCTURAL EN MADERA PARA LA REHABILITACIÓN DEL MUSEO GEOLÓGICO DE CIENCIAS DE LA TIERRA DEL NÚCLEO BOLÍVAR DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE, CIUDAD BOLÍVAR, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO DEL ESTADO BOLÍVAR.
Subtítulo	Análisis de la Estructura de Madera del Museo Geológico y Minero de la Universidad de Oriente, utilizando Madera de Pino Caribe

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Carpio B., Pedro E.		
Matos M., Rafael A.		

Palabras o frases claves:

Estructura de Madera
Pino Caribe
Cerchas de Madera
Museo Geológico UDO Bolivar
Pabellón Geos Mundo
Pabellón Geos Venezuela

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Ciencias de la Tierra	Dpto. Ingeniería Civil

Resumen (abstract):

El propósito del presente trabajo de grado presentado a la Universidad de Oriente consiste en estudiar la metodología de los esfuerzos admisibles (ASD) para el cálculo de estructuras de madera en edificaciones, con el uso de pino Caribaea var.. Hondurensis como materia prima en auge en Venezuela, aplicado en la estructura de madera de los pabellones GEOS Mundo y GEOS Venezuela del Museo Geológico de la Escuela de Ciencias de la Tierra del Núcleo Bolívar de la Universidad de Oriente, en Ciudad Bolívar, Municipio Angostura del Orinoco del Estado Bolívar. En cuanto a su metodología es del tipo descriptiva y de diseño documental. De tal manera que se realizó una revisión de la bibliografía existente sobre el diseño de Estructuras de madera y sobre las propiedades mecánicas del pino Caribaea var. Hondurensis. Se complementó el trabajo con la aplicación de la metodología ASD a una estructura existente elaboradas con maderas semi duras, a fin de estimar una correspondencia entre ambas. Toda esta información fue recabada mediante herramientas tales como cintas métricas, cámaras fotográficas, calculadora, laptop, bibliografías. A partir de los resultados obtenidos pudimos realizar los estudios pertinentes para llegar a las conclusiones y recomendaciones que nos permitieron resaltar la importancia de este tipo de estudios en el campo de la ingeniería civil en el área de estructuras.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Pérez S. Rogelio	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input checked="" type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLA	5553168
	e-mail	rperezs162@gmail.com
	e-mail	
	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLA	
	e-mail	
	e-mail	
	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Fecha de discusión y aprobación:

Año Mes Día

2022	07	
-------------	-----------	--

Lenguaje Español

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6

Archivo(s):

Nombre de archivo
Tesis_madera_museo_geol.docx

Caracteres permitidos en los nombres de los archivos: **A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 _ - .**

Alcance:

Espacial: Rehabilitación Museo Geológico y Minero (Opcional)

Temporal: 6 años (Opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo: Ingeniero Civil

Nivel Asociado con el Trabajo: Pregrado

Área de Estudio: Ingeniería Civil

Otra(s) Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado: Universidad de Oriente



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN° 0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI - 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA
RECIBIDO POR *Martínez*
FECHA 05/08/09 HORA 5:30

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

Juan A. Bolanos Currelo
Secretario



C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/maruja

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 6/6

Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009) : "Los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización."

AUTOR 1

AUTOR 2

TUTOR