

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



**EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL TECHO DEL MÓDULO  
DE CERÁMICA DE LA ESCUELA DE CIENCIAS DE LA  
TIERRA, UNIVERSIDAD DE ORIENTE NÚCLEO BOLÍVAR**

**TRABAJO FINAL DE  
GRADO PRESENTADO  
POR LOS BACHILLERES  
LUISFERNANDO D.  
QUINTERO S. Y  
YESSMAIRIS D. SALANDY  
M. PARA OPTAR AL  
TÍTULO DE INGENIERO  
CIVIL**

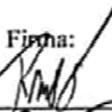
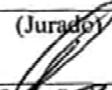
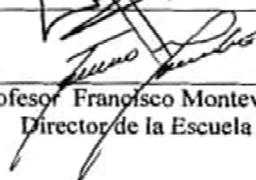
**CIUDAD BOLÍVAR, OCTUBRE 2018**



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

**ACTA DE APROBACION**

Este trabajo de grado, titulado "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL TECHO DEL MÓDULO DE CERÁMICA DE LA ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA, UNIVERSIDAD DE ORIENTE NÚCLEO BOLÍVAR", presentado por los bachilleres QUINTERO LUISFERNANDO Y SALANDY YESSMAIRIS, ha sido aprobado de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombre	Firma
Nombre: Rogelio Perez (Asesor)	Firma: 
Josefina Jiménez (Jurado)	
Orlando Guevara (Jurado)	
 Profesor Pedro Gamboa Jefe del Departamento de Ingeniería Civil	 Profesor Francisco Monteverde Director de la Escuela

## DEDICATORIA

En primer lugar quiero dedicar este logro a Dios y a la virgen del valle, a mi mama Egda Marsiglia, a mis padrinos Uricar, Maria Milagros y Alberto, a mi abuela Josefa Sandoval a mis angelitos que están en el cielo mi abuelo Cleto Salandy, mi papa Marcelo Salandy, mi mami Iris que sonríen desde el cielo.

A mi hermano Alvaro, a mis amigas Valeria y Diana, mis primos Josmar, Michell, Anajulia, Ana Patricia, Maria Francesca, Mria valentina, a mis viejitas queridas Maritza, Gloria y Urania, mis tios Luisa, Mitchel, Ines, Nelson y todos mis familiares que siempre estuvieron pendientes de mi.

A mi compañero por estar siempre conmigo durante toda la carrera, en la buenas y en las malas desde básico y ahora lo logramos de la mejor manera posible.

***BR. Yessmairis Del Valle Salandy Marsiglia***

Se lo dedico a Dios, a mi mama yaneth Sánchez, a mi papá Dario Quintero y a mis hermanos farah Blanco y Luisarmando Quintero por siempre estar conmigo y apoyarme. También se lo dedico a mi compañera Yessmairis Salandy por todo el esfuerzo que ha puesto en este trabajo.

***BR. Luisfernando Dario Quintero Sanchez***

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios sobre todas las cosas a la Virgen Del Valle, a mi mama Egda Marsiglia por apoyarme siempre, a mi abuela Josefa., a mis padrinos Uricar, Maria Milagros y Alberto, a mi abuela Josefa Sandoval.

A mi hermano Alvaro, mis primos Josmar, Michell, Anajulia, Ana Patricia, Maria Francesca, Mria valentina, a mis viejitas queridas Maritza, Gloria y Urania, mis tios Luisa, Mitchel, Ines, Nelson y todos mis familiares que siempre estuvieron pendientes de apoyarme y animarme.

A mi compañero Luisfernando por siempre estar, por acompañarme en todos mis inventos y sobre todo por soportar tantos llantos, A su mama Yaneth, su hermanos Farah y Luisarmando por acompañarnos.

A mis amigas de toda la vida Valeria y Diana por calarse mis cuentos y tratar de entenderme, a los amigos que me regalo la universidad.

A los profesores que compartieron sus conocimientos con nosotros en especial al profesor Rogelio Perez, Jesus Martinez, Josefina Jimenez, Carlos Perez, Orlando Guevara, Jesus Suarez y Giovanni Grieco.

A la universidad de oriente por enseñarme la otra cara de la vida.

***BR. Yessmairis Del Valle Salandy Marsiglia.***

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios y la Virgen por siempre estar conmigo y darme salud y paciencia.

También agradezco a mi mamá Yaneth Sánchez y a mis hermanos Farah y Luis Armando por siempre apoyarme y estar para mí cuando los necesito.

A mi compañera Yessmairis Salandy por motivarme y enseñarme a ser positivo a pesar de los inconvenientes, por acompañarme desde los primeros semestres y darme su paciencia y amor. También a Edda Marsiglia por su apoyo incondicional.

A mis compañeros de clase y en especial a los amigos que hice en la universidad que me hicieron crecer como persona.

A mis tíos Carlos Sánchez, Oswaldo Sánchez y Leida Sánchez por estar pendientes de mí y de mis estudios.

A mis profesores que me hicieron enamorarme más de la ingeniería civil, en especial a Rogelio Pérez, Carlos Pérez, Josefina Jiménez, Carlos Grus, Giovanni Grieco, Antonio Sequera, Jesús Martínez.

A la Universidad de Oriente por permitirme estudiar lo que me gusta y ser mi segunda casa.

*BR. Luisfernando Darío Quintero Sánchez*

## **RESUMEN**

El presente trabajo se desarrolló en el estado Bolívar, en Ciudad Bolívar específicamente en la escuela de Ciencias de la Tierra de la universidad de oriente núcleo bolívar, en el módulo de cerámica. La investigación consistió en la evaluación estructural del techo del módulo y de la ampliación del conocimiento de la madera como material de construcción en Venezuela. Para lograr los objetivos se desarrolló una metodología de trabajo que consistió en la recolección de información para determinar el tipo de madera y su propiedades física y mecánicas, el análisis estructural y describir las características actuales del techo. Dónde gracias a la metodología de trabajo se determinó el tipo de madera por el cual está constituido el módulo dando como resultado mureillo una madera nativa del estado Bolívar, su análisis estructural con el programa SAP2000 V19.02 y se describen sus características actuales.

# CONTENIDO

HOJA DE APROBACIÓN .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
RESUMEN .....	vi
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPITULO I SITUACION A INVESTIGAR.....	2
1.1 Planteamiento del problema .....	2
1.2 Objetivos de la investigación.....	6
1.2.1 Objetivo general .....	6
1.2.2 Objetivos específicos:.....	6
1.3 Justificación de la investigación .....	6
1.4 Alcance de la investigación .....	6
CAPÍTULO II GENERALIDADES .....	8
2.1. Ubicación del área de estudio .....	8
2.1.1. Acceso al área de estudio .....	9
2.2. Características físicas .....	9
2.2.1. Geomorfología .....	9
2.2.3. Clima .....	10
CAPÍTULO III MARCO TEORICO .....	11
3.1. Antecedentes de investigación .....	12
3.2. Bases Teóricas .....	13
3.2.1. La madera como materia prima .....	13
3.2.1.1. Clasificación de la madera según su dureza .....	13
3.2.1.2. Características físicas de la madera .....	15
3.2.1.3. Propiedades mecánicas de la madera.....	19
3.2.1.4. Tipos de resistencia de la madera .....	20

3.2.1.5.	Tipos de esfuerzos de la madera .....	22
3.2.1.6.	Características naturales que afectan las propiedades de la madera .....	23
3.2.1.7.	Clasificación de la madera por su resistencia .....	26
3.2.1.8.	Patología de la madera .....	27
3.2.1.9.	Clases de riesgo que afectan la madera.....	29
3.2.1.10.	Causas biológicas .....	32
3.2.1.11.	Comportamiento contra fuego.....	36
	3.2.2. Cercha .....	38
	3.2.3. Elementos de unión .....	42
	3.2.4. Métodos de evaluación estructural .....	47
	3.3. Bases legales .....	51
	3.4. Definición de términos básicos .....	57
CAPÍTULO IV METODOLOGÍA DE TRABAJO .....		59
4.1.	Diseño de investigación .....	59
4.2.	Población de la investigación .....	60
4.3.	Muestra de la investigación .....	60
4.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	61
4.5.	Revisión documental .....	61
4.6.	Observación directa.....	61
4.7.	Consultas académicas .....	62
Capítulo V ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS .....		63
5.1.	Caracterización de la estructura del módulo de cerámica.....	63
5.2.	La madera estructural en Venezuela .....	65
	5.2.1. Especies de madera conocidas en Venezuela.....	65
	5.2.2. Clasificación de la madera en Venezuela según el manual de diseño para maderas del grupo andino. ....	69
5.3.	Determinar el tipo de madera con la que está construida el techo. ....	70
5.4.	Análisis estructural.....	71
5.5.	Características actuales del techo .....	78

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 79  
REFERENCIAS ..... 81

## LISTA DE FIGURAS

2.1. Mapa donde se muestra la ubicación del módulo de cerámica (Google mps, 2018) .....	8
3.1. Diagrama típico Esfuerzo – Deformación. (Cruz, 2010: p. 125.) .....	22
3.2. Tipos de nudos, A, Nudo de encajonado; B, Nudo de intercrecimiento (Bergman et al, 2010). .....	25
3.3. Pendiente y orientación de las fibras. (Bergman et al, 20) .....	25
3.4. Degradación de la madera. (Centro de transferencia tecnológica de la madera, 2007)... ..	31
3.6. Pieza de madera atacada por Hongo de Pudrición. (Fritz, 2010) .....	34
3.7. Pieza de madera atacada por Moho. (Fritz, 2010).....	35
3.8. Termitas deteriorando pieza de madera. (Ecoespacio, 2010).....	36
5.1 Plano de dimensiones del techo y columnas del módulo.....	63
5.2. Vista desde planta de el modulo.....	64
5.3. Perfiles de madera.....	64
5.4 Muestra de Madera extraída del techo.....	71
5.6. Madera en Sap2000 V 19.2.0.....	73
5.7 Sap200 verificación .....	74

## **TABLA DE CONTENIDO**

3.4 Diferenciación de las uniones según la geometría y el tipo de esfuerzo transmitido .....	43
3.5 Clasificación de los elementos de unión para entramado ligero de madera. ....	44
3.6. Clasificación de los elementos de unión más empleados para unir elementos estructurales de grandes escuadrías.....	46
Tabla 5.1 Densidades de las especies venezolanas según el manual de diseño para maderas del grupo andino.....	70

## INTRODUCCIÓN

Las cerchas de madera ayudan a crear grandes espacios abiertos en los que vivir y trabajar. Las cerchas son resistentes debido a que sus componentes triangulares se sujetan entre sí. No obstante, las construcciones con cerchas mal ejecutadas pueden derrumbarse como un castillo de naipes y lastimar a los trabajadores.

Debido que la estructura del techo del módulo de cerámica se ve en deterioro y es utilizado como aula de clases se le hará una evaluación estructural, para ello el tema ha sido dividido en los siguientes capítulos que contienen la información pertinente:

El capítulo I. Planteamiento del problema: describe el planteamiento del problema, los objetivos de la investigación, se detalla la importancia de la investigación, la justificación y el alcance de la misma.

El capítulo II. Generalidades consta de la ubicación del sitio de estudio y de las características físicas del mismo, geomorfología, vegetación y clima.

El capítulo III Marco teórico: describe los antecedentes de la situación a estudiar, también las bases teóricas que sustentan la investigación y además comprende el resumen de la serie de elementos conceptuales relacionados con el tema de la presente investigación, que sirve de base al desarrollo de la misma.

Capítulo IV. Marco metodológico: se establecen los aspectos metodológicos, incorporando el tipo de investigación, su diseño, la población y muestra del estudio; las técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Capítulo V. Análisis e interpretación de los resultados: se constituyó por la presentación y análisis de los Resultados.

Conclusiones y recomendaciones: de acuerdo con los resultados obtenidos en la investigación se estructuraron las conclusiones y recomendaciones según lo planteado en cada objetivo.

## **CAPITULO I**

### **SITUACIÓN A INVESTIGAR**

#### **1.1 Planteamiento del problema**

Los techos de madera han acompañado al hombre a lo largo de toda su historia y han llegado hasta nuestros días, como uno de los elementos arquitectónicos y decorativos más populares, útiles y que más variaciones ofrece al usuario.

En la prehistoria los hombres vivían en cavernas usando el “techo” que la naturaleza le ofrecía para protegerse de las inclemencias del tiempo. Después, comenzó a construirse sus propias viviendas con el material más accesible y fácilmente transformable con su incipiente tecnología: la madera. Nacían las primeras cabañas y con ellas los primeros techos de madera.

Los techos de madera fueron durante miles de años prácticamente los únicos techos que podía procurarse el individuo común. Sin bien en diferentes momentos se utilizó un techo de piedra, cada vez más avanzado conforme nacían y se desarrollaban las cúpulas, bóvedas y otras soluciones arquitectónicas usadas en edificaciones especiales (túmulos, templos, etc.), lo cierto es que los techos de madera fueron el recurso más utilizado para cerrar por arriba viviendas, establos, almacenes, talleres, tabernas y hasta palacios y fortalezas.

Ya entonces, más allá del simple refugio, los techos de madera ofrecían una opción económica, de fácil transporte y montaje, y de rápida renovación y sustitución, para conseguir un aislamiento acústico y térmico en estancias de muy diferente tipología. Además, el arte llegó también a los techos de madera, y el hombre los

llenó de dibujos y pinturas policromadas, textos religiosos y espirituales, y representaciones de mitos y dioses.

Aunque la imagen que tengamos de las civilizaciones antiguas (griegos, romanos, egipcios, persas) nos evoque suntuosos edificios de ladrillo, piedra o mármol, en realidad, en la arquitectura civil, las grandes ciudades de la antigüedad estaban formadas, sobre todo, por viviendas familiares de madera sin tratar. Esto, unido al hacinamiento y al uso habitual de leña para cocinar y calentarse hacía que los incendios fueran muy frecuentes, y que generasen como figura necesaria de la vida civil al bombero. El cuerpo de bomberos más antiguo de que se tiene noticia lo constituyó, durante el mandato de Julio César, un prohombre enriquecido con los alquileres llamado Marco Licinio Craso; aunque es muy probable que en la antigua Mesopotamia y en Egipto existieran precedentes más antiguos.

La combustibilidad de la madera, en las condiciones antes descritas, hizo que, poco a poco, se fuera relegando su uso como material de construcción a favor del adobe, los ladrillos de arcilla cocida y, en construcciones de mayor entidad, la piedra y el mármol, los materiales más apreciados por su solidez y, este último, belleza. Famosa al respecto es la frase de César Augusto, quien dijo que había encontrado Roma hecha de ladrillo y la había dejado de mármol. Lo que no dijo es que Roma, antes de ser de ladrillo, había sido de madera.

En Europa, las especies de madera utilizadas en la construcción han ido variando con el transcurso del tiempo. En la antigüedad, se empleó la madera disponible en cada lugar. Los criterios de explotación de los bosques no dependían siempre de factores constructivos, sino que estaban sujetos a condicionantes diversos. De hecho, Europa estaba cubierta de bosques, y el hombre se abrió camino dentro de ellos primordialmente para obtener tierras de cultivo o pastos para el ganado que

permitieran su asentamiento. Los primeros tipos constructivos empleados eran de troncos y requerían una gran cantidad de madera. Estaban contruidos con madera de coníferas que ofrece elementos rectos y de gran longitud, aspectos ambos de suma importancia. La madera de frondosas brinda más difícilmente elementos rectos, aunque no por ello era menos apreciada. Se empleaba principalmente dispuesta verticalmente, ya sea formando elementos de sección uniforme, o bien distanciando los elementos de madera a modo de postes. Los espacios intermedios se rellenaban con otros materiales como arcilla o ladrillos, y también podía hacerse mediante tablas de madera. Este sistema se terminó imponiendo, porque permitía un cierto ahorro de material.

Al principio las casas de troncos estaban hechas por troncos de madera apilados horizontalmente y ensamblados en las esquinas del edificio. Cuando aparecieron los primeros aserraderos de madera, los constructores comenzaron a serrar los troncos por sus dos lados, para optimizar el uso de la materia prima y para estandarizar las medidas del material.

A pesar de la madera aserrada, los nuevos métodos y la aparición de los nuevos materiales de construcción, la construcción de las casas de troncos no ha desaparecido, sino que contrariamente, se ha diversificado durante los años. Los constructores modernos de estas casas utilizan maquinaria sofisticada de control numérico.

De las ventajas que trae el uso de la madera en las estructuras es que al ser un material natural cuando deja de cumplir su función estructural no constituye ningún peligro para el medio ambiente, ya que es fácilmente renovada, también la madera al ser un material ligero es de fácil montaje dando así más rapidez a la obra.

En países como Chile, Estados Unidos y Canadá la madera sigue siendo materia prima de construcción ya que esta es un material que al ser un aislante térmico permite el ahorro de energía en todas las épocas del año.

En Venezuela la madera es un material que a lo largo de nuestra historia han perdurado para mantener vivas nuestras raíces donde aún en esta época nuestros indígenas viven en palafitos y chozas echas con este material, también encontramos estos materiales en las estructuras emblemática de las épocas de nuestra independencia alguna de ellas han sido restauradas.

El 10 de noviembre de 1946 y con el nombre de Oliver Iron Mining Co., la Orinoco Mining Co., subsidiaria del trust norteamericano United State Steel Corporation, solicitó y obtuvo del estado la concesion de explotar unos depositos de hierro en el distrito Heres del Estado Bolívar. En el año 1946 se presume que se construyó la estructura por parte de la Orinoco Maning Co, quienes construyeron diferentes edificaciones en la ciudad las cuales fueron construidas con madera y otros elementos utilizados en la época.

En la Escuela de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Oriente Núcleo Bolívar se encuentran varias estructuras con techos y columnas de este material, las cuales a pesar de su valor histórico se encuentra en abandono. Actualmente una parte de este módulo es utilizado como aula de clase, durante estancia en esta aula en los diferentes semestres observamos el deterioro de la estructura del techo

Ante esta situación surgen las siguientes interrogantes:

¿Cuál es la condición estructural actual del techo del módulo de cerámica?

¿Cuál es el tipo de madera que se utilizó en la estructura del techo?

## **1.2 Objetivos de la investigación**

### **1.2.1 Objetivo general**

Evaluar estructuralmente el techo del módulo de Cerámica de la Escuela de Ciencias de la Tierra, Universidad de Oriente, núcleo Bolívar, Ciudad Bolívar

### **1.2.2 Objetivos específicos:**

1. Caracterización de la estructura del módulo de cerámica
2. Clasificar los tipos de maderas estructurales en Venezuela
3. Determinar el tipo de madera con la que está construido el techo
4. Análisis Estructural del techo
5. Evaluar las características actuales del techo

## **1.3 Justificación de la investigación**

La razón principal por la cual se realiza esta investigación es que se ha observado un deterioro en la estructura del techo del módulo de Cerámica ubicado en la Escuela de Ciencias de la tierra de la Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar que mediante este estudio queremos identificar las patologías que puede presentar esta estructura y conocer el tipo de madera utilizada para su construcción.

## **1.4 Alcance de la investigación**

Conocer la estructura a estudiar nos permitirá diagnosticar el estado actual del techo del módulo de cerámica de la escuela de Ciencias de la tierra. Elaborando el

análisis estructural de la armadura por la cual está compuesta el techo, conociendo el tipo de madera nos dará una idea durabilidad y posible tratamiento para su recuperación. El estudio se basara en implementar la madera como protagonista de la construcción como material resistente y de importancia en la actualidad.

## CAPÍTULO II GENERALIDADES

### 2.1. Ubicación del área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicada en la región Sur Oriental de Venezuela, en el estado Bolívar, específicamente en el Municipio Heres, entre la Av. San Simon y la Av. Sucre dentro de la escuela de ciencias de la tierra, como se observa en la figura 1. Enmarcada dentro de las coordenadas UTM 8°07'02.7"N 63°33'19.4"W

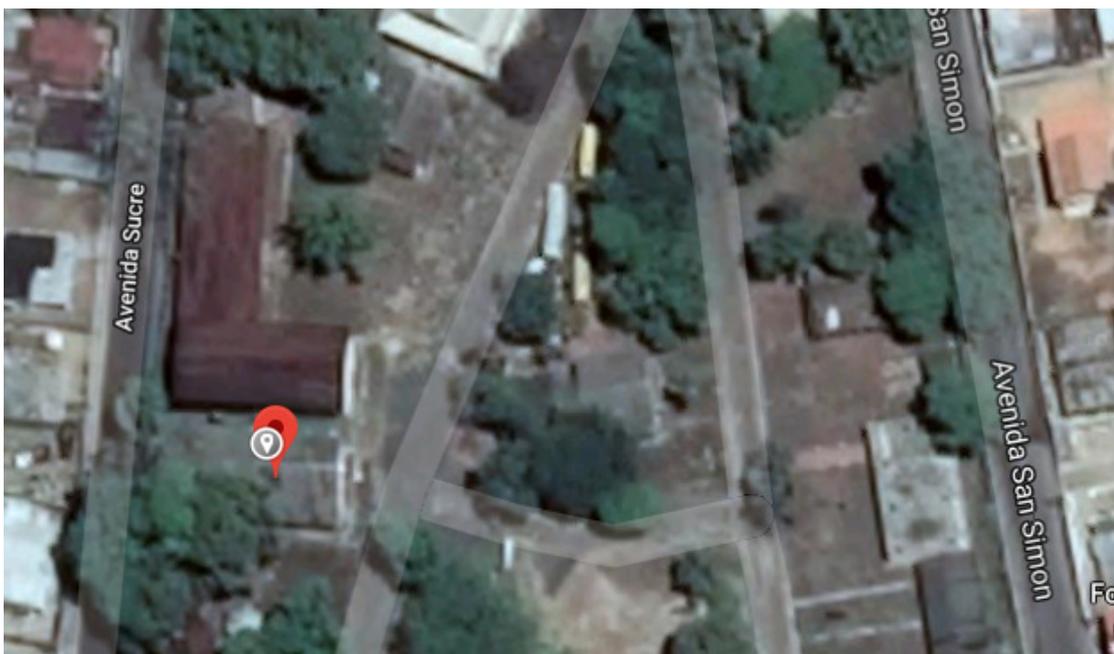


Figura 2.1. Mapa donde se muestra la ubicación del módulo de cerámica (Google mps, 2018)

### **2.1.1. Acceso al área de estudio**

El acceso al área en estudio se realiza desde el centro de la ciudad (Norte) a través de la Av. Sucre, desde el terminal de pasajeros, desde la calle Colón (Sur), desde la Av Nueva Granada (Este) y desde calle La Piscina (Oeste).

La accesibilidad al área, se utilizaron las avenidas y calles principales pavimentadas de la ciudad.

## **2.2. Características físicas**

### **2.2.1. Geomorfología**

El basamento geológico del estado Bolívar lo constituye el Escudo Guayanés, presenta relieves variados y complejos, con predominio de Llanuras, alternado con elevaciones denominadas tepuyes y con otras formas geológicas. Así pues Ciudad Bolívar presenta una gran estabilidad tectónica, porque está ubicada sobre las rocas ígneas del escudo, que corresponden al Precámbrico, las formaciones geológicas más antiguas y estables de nuestro planeta.

### **2.2.2. Vegetación**

La vegetación es típica de la región guayanesa-amazónica donde se pueden contemplar bosques de galería y morichales, así como especies arbóreas como el Algarroba, la Sarrapia, el Merecure, entre muchos otros. Por su parte, en los tepuyes predominan los bosques nublados.

### **2.2.3. Clima**

La temperatura promedio varía entre 26° y 30°C, influida por el relieve y la vegetación. Los vientos predominantes son los alisios del noreste durante el periodo de Lluvia y en época de sequía los alisios del sureste, la pluviosidad es alta y variable, y son mayores en razón de las altas temperaturas que provocan una fuerte evaporación.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO TEÓRICO**

Según la apreciación de Ortiz, E (2001) es importante señalar en un trabajo de investigación la estrecha relación entre la fundamentación teórica, el proceso de investigación y la realidad o entorno. La investigación puede iniciar una nueva teoría, reformar la existente o simplemente definir con más claridad, conceptos o variables establecidas. Por tanto, los fundamentos teóricos o el marco teórico, es donde se condensara todo lo pertinente al arqueo documental que se tiene sobre el tema a investigar. Debe ser una búsqueda detallada y concreta donde el tema y la temática del objeto a investigar tengan un soporte teórico, que se pueda debatir, ampliar, conceptualizar y concluir. Ninguna investigación debe privarse de un fundamento, marco teórico o de referencia.

El marco teórico tiene como propósito, dar a la investigación un sistema coordinado de conceptos y proposiciones teóricas que permitan abordar el problema (Sabino, C 2008); no obstante, otra definición señala que el marco teórico expone y analiza las teorías o grupos de teorías que sirven de fundamento para explicar los antecedentes o interpretar los resultados de la investigación (Azorin, 2002).

Una vez presentado las consideraciones generales del marco teórico, se procederá al desarrollo del mismo, con base al tema del presente trabajo de investigación.

### 3.1. Antecedentes de investigación

Se presenta a continuación un antecedente que por su razón de ser, se enfoca principalmente en los compuestos de maderas utilizados en Venezuela, y aunque no es específicamente relacionado con techos, si desarrolla de manera extensa y específica el tema del uso de la madera para la producción de compuestos en Venezuela. Al respecto Rahal y Sleiman (2013), desarrollaron su trabajo de grado ante la Universidad Católica Andrés Bello, titulado **Estudio de Factibilidad Técnico, Económico y Financiero para la producción de compuestos de madera y plásticos en Venezuela**. Dicho estudio inclinado netamente al área de la construcción. Se basó en un estudio de mercado, un estudio bibliográfico y un estudio técnico, financiero y económico. La técnica de recolección de datos además de fichas bibliográficas fueron las entrevistas. Su aporte al presente trabajo de grado se inclina estrictamente al aspecto conceptual, sobre todo en cuanto a las generalidades de la madera, sus propiedades físicas, mecánicas, las más aptas para uso de la construcción, entre otras conceptualidades.

Monsalve D. y Uzcátegui L. (2018), en su trabajo de grado para optar por el título de ing. Civil en la universidad de oriente núcleo bolívar titulado “EVALUACIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE MADERA UTILIZADOS PARA ENCOFRADOS EN EDIFICACIONES, CIUDAD BOLÍVAR-ESTADO BOLÍVAR.” Donde esta investigación al ser una investigación de tipo descriptiva y evaluativa, concluyeron por medio de visitas a diferentes aserraderos de la ciudad que las maderas más utilizadas en la construcción de edificaciones es la del pino caribe, siendo la de mayor producción y venta, especialmente para las tablas y tablones de encofrado, sirviendo de apoyo para esta investigación puesto que caracterizan diferentes tipos de ensayos y resistencias de las maderas de las cuales están hechas las edificaciones de la Ciudad

## **3.2. Bases Teóricas**

### **3.2.1. La madera como materia prima**

La madera es un material que cumple con las siguientes características: Es biodegradable, reciclable y renovable (artificial). Es extraída de los árboles en bosques naturales o de reforestación, ha sido usada desde la antigüedad para la construcción de viviendas, fuertes, palacios, puentes, templos y armas. Algunas especies brindan una trabajabilidad suficiente para ser esculpida, tallada y moldurada artísticamente, un ejemplo de esto es el oficio luthier (fabricación de instrumentos musicales) (Jaramillo 2012: p. 21).

Si se ordenan las formas que puede adoptar la madera en una combinación múltiple de líneas, superficies y sólidos, podemos sistematizar el comportamiento de cada una de estas formas y sus agrupamientos ante la acción de los esfuerzos. De ésta manera, un trozo de madera se puede comparar con una gran cantidad de sorbetes (pitillos) que han sido unidos entre sí. Por ésta razón la madera tiene propiedades anisotrópicas, es decir, resiste la acción de fuerzas exteriores de manera diferente según la dirección que tomen dichas fuerzas. (Ibídem. p. 25).

#### **3.2.1.1. Clasificación de la madera según su dureza**

La madera es un material que cumple con las siguientes características: Es biodegradable, reciclable y renovable (artificial). Es extraída de los árboles en bosques naturales o de reforestación, ha sido usada desde la antigüedad para la construcción de viviendas, fuertes, palacios, puentes, templos y armas. Algunas especies brindan una trabajabilidad suficiente para ser esculpida, tallada y moldurada artísticamente, un ejemplo de esto es el oficio luthier (fabricación de instrumentos musicales) (Jaramillo 2012: p. 21).

Si se ordenan las formas que puede adoptar la madera en una combinación múltiple de líneas, superficies y sólidos, podemos sistematizar el comportamiento de cada una de estas formas y sus agrupamientos ante la acción de los esfuerzos.

De ésta manera, un trozo de madera se puede comparar con una gran cantidad de sorbetes (pitillos) que han sido unidos entre sí. Por ésta razón la madera tiene propiedades anisotrópicas, es decir, resiste la acción de fuerzas exteriores de manera diferente según la dirección que tomen dichas fuerzas. (Ibídem. p. 25).

Las especies maderables se pueden clasificar en coníferas o resinosas y Latifoliadas o frondosas.

- ❖ Coníferas o resinosas: las especies pertenecientes a éste grupo de maderas están esencialmente por “traqueidas” y son de hojas angostas (de 1.5 a 6mm) y perennes. Tienen generalmente una marcada rectitud del fuste y muy buena trabajabilidad, condiciones que las hacen aptas para la fabricación de estructuras complejas, como aviones e instrumentos musicales, así como también para aplicaciones sencillas, como la fabricación de cajones. Habitan generalmente en zonas de clima templado a templado-frío y húmedas (Tortorelli, 2009). Las especies de coníferas más conocidas son: Pino Paraná, Pehuen, Ciprés, Alerce, Pino del Cerro, Ten, Maniú macho, Maniú hembra, Piñeitiño, Lleuque, Ciprés enano (Universidad Tecnológica Nacional, 1988).
  
- ❖ Latifoliadas, frondosas o dicotiledóneas: existen aproximadamente 120.000 especies de ésta clase en todo el mundo. Las maderas pertenecientes a ésta clase están constituidas por vasos, fibras y tejido parenquimático longitudinal y son de hojas anchas “latifoliadas” y caducas, es decir que se caen en otoño

como el fresno, el nogal, el roble, el haya o el ébano (Universidad Tecnológica Nacional, 1988).

### **3.2.1.2. Características físicas de la madera**

Las propiedades de la madera dependen, del crecimiento, edad, contenido de humedad, clases de terreno y distintas partes del tronco.

- ❖ Humedad: la madera contiene agua de constitución, inerte a su naturaleza orgánica, agua de saturación, que impregna las paredes de los elementos leñosos, y agua libre, absorbida por capilaridad por los vasos y traqueidas.
- ❖ Como la madera es higroscópica, absorbe o desprende humedad, según el medio ambiente. El agua libre desaparece totalmente al cabo de un cierto tiempo, quedando, además del agua de constitución, el agua de saturación correspondiente a la humedad de la atmósfera que rodee a la madera, hasta conseguir un equilibrio, diciéndose que la madera esta secada al aire (Ale, 2010: s/p).

La humedad de la madera varía entre límites muy amplios. En la madera recién cortada oscila entre el 50 y 60 por ciento, y por imbibición puede llegar hasta el 250 y 300 por ciento. La madera secada al aire contiene del 10 al 15 por ciento de su peso de agua, y como las distintas mediciones físicas están afectadas por el tanto por ciento de humedad, se ha convenido en referir los diversos ensayos a una humedad media internacional de 15 por ciento.

La humedad de las maderas se aprecia, además del procedimiento de pesadas, de probetas, húmedas y desecadas, y el colorimétrico, por la conductividad

eléctrica, empleando girómetros eléctricos. Estas variaciones de humedad hacen que la madera se hinche o contraiga, variando su volumen y, por consiguiente, su densidad (Ale, 2010: s/p.).

- ❖ El contenido de humedad (CH%): tiene gran influencia sobre el peso de la madera y en sus propiedades mecánicas. La relación del CH% con las propiedades mecánicas es inversa (a menor CH%, mayor resistencia). Con un CH% superior al 30% (en estado la madera se considera verde), la madera tiene poca variación en sus propiedades mecánicas. Pero a medida que la madera se seca por debajo del 30%, las paredes celulares se vuelven más duras y rígidas, lo cual trae consigo un aumento de las propiedades mecánicas con excepción de la tenacidad. De lo anterior se concluye que, es necesario dar a conocer el contenido de humedad de la madera con que se está trabajando, para saber que se puede esperar en cuanto las propiedades físicas y mecánicas se refieren.

El término “trabajo de la madera” se refiere a la pérdida o ganancia de CH%, lo cual se debe a la higroscopicidad de la madera; esta pérdida o ganancia de humedad tomada de la atmosfera, viene acompañada por contracciones o hinchazones y por consiguiente con todos los problemas asociados. (Escobar & Ricardo, 1995. p. 75)

- ❖ La densidad: es sensiblemente igual para todas las especies, aproximadamente 1,56. La densidad aparente varía no solo de unas especies a otras, sino aún en la misma con el grado de humedad y sitio del árbol, y para hallar la densidad media de un árbol hay que sacar probetas de varios sitios. (Ale, 2010: s/p.)

Las maderas se clasifican por sus densidades (g/cm<sup>3</sup>) básicas en Pesadas, si es mayor de 0.8; ligeras, si está comprendida entre 0.5 y 0.7; y muy ligeras, las menores de 0.5.

*El término “seca al aire”*: se refiere a la madera que ha alcanzado un contenido de humedad en condiciones de secado natural (al aire). Su valor sería el contenido de humedad que alcanzaría en equilibrio con las condiciones atmosféricas del lugar. En Cartagena el contenido de humedad en equilibrio es del 15%. La densidad seca aire, es la relación entre el peso y el volumen secos al aire.

*El término “seca al horno”*: se refiere a la madera que se ha secado hasta un contenido de humedad del 0% o sea madera en estado anhidro. La densidad anhidra, es la relación entre el peso y volumen anhidros.

*El término “densidad básica”*: es una relación especial entre el peso anhidro y el volumen verde. Esta densidad es la menor de todas y es utilizada para fines de comparación. (Escobar & Ricardo, 1995).

- ❖ **Contracción e hinchamiento:** la madera cambia de volumen según la humedad que contiene. Cuando pierde agua, se contrae o merma, siendo mínima en la dirección axial o de las fibras, no pasa del 0.8 por ciento; de 1 a 7.8 por ciento, en dirección radial, y de 5 a 11.5 por ciento, en la tangencial.

La contracción es mayor en la albura que en el corazón, originando tensiones por desecación que agrietan y alabean la madera (Universidad Católica del Norte, 2012).

El hinchamiento se produce cuando absorbe humedad. La madera sumergida aumenta poco de volumen en sentido axial o de las fibras, y de un 2.5 al 6 por ciento en sentido perpendicular; pero en peso, el aumento oscila del 50 al 150 por ciento (Ale, 2010).

- ❖ **La dureza:** es la resistencia que opone al desgaste, rayado, clavar, etc. Depende de su densidad, edad, estructura y si se trabaja en sentido de sus fibras o en el perpendicular. Entre más vieja y dura es, mayor la resistencia que opone. (Universidad Católica del Norte, 2012).
- ❖ **Hendibilidad:** se llama también facilidad a la raja y es la aptitud de las maderas a dividirse en el sentido longitudinal bajo la acción de una cuña. El rajado es más fácil, en sentido de los radios. Como madera muy hendible se acostumbra citar el castaño, como madera hendible, el roble, y como madera poco hendible, el carpe (Universidad Católica del Norte, 2012: s/p).
- ❖ **Conductividad:** la madera seca es mala conductora del calor y electricidad, no así cuando está húmeda. La conductividad es mayor en el sentido longitudinal que en radial o transversal, y más en las maderas pesadas que en las ligeras o porosas, por lo cual se emplean como aisladores térmicos en los

pavimentos y paredes (Universidad Católica del Norte, 2012).

- ❖ Dilatación térmica: el coeficiente de dilatación lineal de la madera es muy pequeño, pudiendo ser despreciado.
- ❖ Duración: varía mucho con la clase y medio. A la intemperie, y sin impregnar depende de las alternativas de sequedad y humedad: el roble dura 100 años: álamo, sesenta a noventa años; pino, alerce, cuarenta a ochenta años; sauce dura treinta años. Se admite como duración media de la madera enterrada la de diez años (Universidad Católica del Norte, 2012: s/p).
- ❖ Propiedades acústicas: la madera proporciona un medio elástico adecuado a las ondas sonoras, por lo que se emplea ampliamente en la fabricación de instrumentos musicales y en la construcción de salas de conciertos, teatros, etc. Las características de la madera que más influyen sobre esta propiedad son el peso específico aparente, es decir, la humedad, el tipo de grano y la ausencia de defectos (Ale, 2010: s/p).

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

- ❖ Módulo de Elasticidad E: elasticidad implica que las deformaciones producidas por cargas pequeñas son completamente recuperables después que las cargas se eliminan. Cuando se llega a niveles altos de carga, se produce la deformación plástica o la falla. Los tres módulos de elasticidad, que se denotan por EL, ER y ET, módulos elásticos a lo largo de los ejes longitudinales, radiales y tangenciales de la madera, respectivamente. (Ale, 2010: s/p).

- ❖ Rigidez: este término se refiere a la capacidad de la madera para resistir deflexión o doblado. La medida de la rigidez de una madera se denomina como módulo de elasticidad (MOE). A mayor MOE más rigidez será una madera. El módulo de elasticidad es la relación del esfuerzo a la deformación. La rigidez de una madera se debe considerar, no solo en vigas, sino también en columnas delgadas largas.
- ❖ Tenacidad: este término se refiere a la capacidad de la madera para resistir cargas repentinas (golpe o choque). Generalmente las fibras de madera de alta tenacidad, están entrecruzadas lo cual hace que la madera se doblan o torsionan mucho más. Sin romperse o fracturarse.
- ❖ Dureza: este término a la resistencia que presenta una madera a la indentación, a las abolladuras y al desgaste. La madera dura es generalmente aquella que presenta buenas características o resistencia al desgaste, lo cual es importante para la madera de pisos. Por lo general las maderas duras son densas y debido a esto, presentan cierta dificultad para ser trabajadas.

#### **3.2.1.4. Tipos de resistencia de la madera**

Estas se dividen, de acuerdo con la resistencia a los diferentes tipos de fuerzas externas en:

- ❖ Resistencia a la tensión: es la capacidad de la madera para resistir fuerzas que tratan de estirar la fibra, por lo general en dirección longitudinal.

- ❖ Resistencia a la compresión: es la capacidad de la madera para resistir fuerzas externas que tienden a acortar las fibras. Esta resistencia se puede dar en dos direcciones: en forma paralela a las fibras o perpendicular a ellas.
  
- ❖ Resistencia a la cizalladura o corte: capacidad de la madera para resistir la acción de fuerzas paralelas y opuestas que tienden a producir deslizamientos de unas fibras con relación a otras.
  
- ❖ Resistencia a la flexión: es la capacidad de la madera para resistir cargas que tienden a flectarla, cuando se aplican en direcciones perpendiculares a las fibras. Si una viga es cargada, en ella se presentan esfuerzos de tensión, compresión y cizalladura. La medida de estos esfuerzos cuando la viga falla, se llama módulo de ruptura (MOR): para cualquier material y en esos se incluye la madera, la relación de esfuerzo a la deformación es constante y esto se manifiesta como una línea recta. Este comportamiento se mantiene hasta que ya no es constante y la recta pasa a ser curva. El punto de cambio se denomina límite proporcional. El material presenta este comportamiento en lo que se llama zona elástica. Por ejemplo si se dobla la carga, la deformación también se dobla. Pero si la fuerza se aplica más allá del límite proporcional, la deformación aumentara mucho más y la madera entrara en lo que se ha denominado zona plástica. En este caso el material permanece deformado y si el aumento de la carga es demasiado, se llegara a la rotura del material

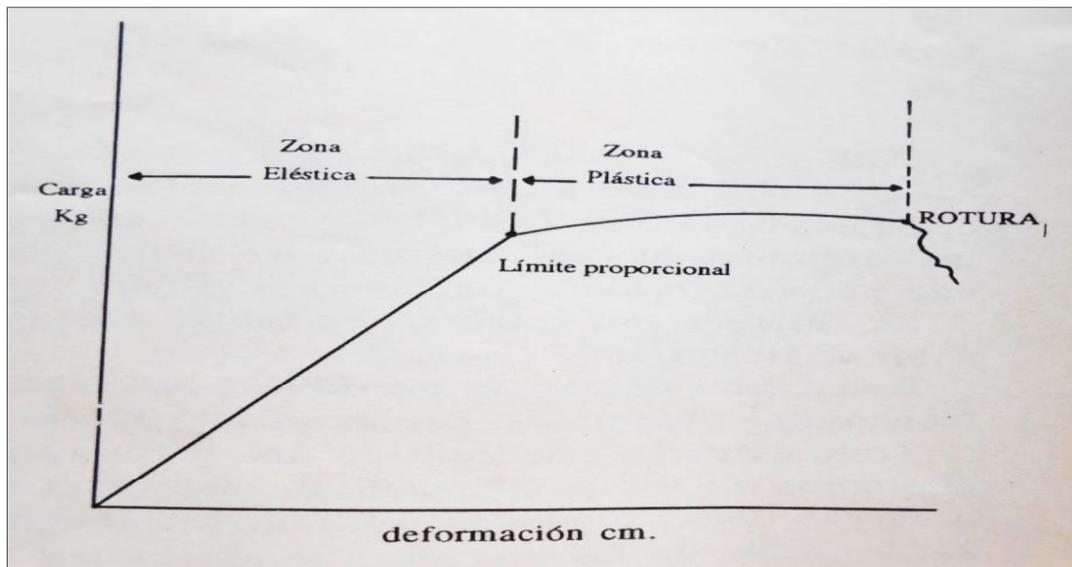


Figura 3.1. Diagrama típico Esfuerzo – Deformación. (Cruz, 2010: p. 125.)

Un material que se mantenga en la zona elástica, volverá a su estado original una vez cese la fuerza que lo deforma.

Se puede entonces definir Elasticidad como la propiedad de un material, de retornar a su forma original después de haber sido deformado por una fuerza.

### 3.2.1.5. Tipos de esfuerzos de la madera

Esfuerzo de tensión: se presenta cuando la fuerza aplicada tiende a estirar o alargar el material. Se dice por lo tanto que el material está en tensión.

- ❖ Esfuerzo de compresión: es lo opuesto al esfuerzo de tensión y ocurre cuando la carga aplicada tiende a acortar el material y por lo tanto a disminuir la longitud. Se dice entonces que el material está en compresión.

- ❖ Esfuerzo de cizalladura: ocurre cuando las cargas o fuerzas, en este caso, opuestas y paralelas, tienden a separar una parte del material con respecto a la parte adyacente, causando un deslizante. También se le llama esfuerzo de corte.

#### **3.2.1.6. Características naturales que afectan las propiedades de la madera**

Debido a las características de crecimiento natural de los árboles, los productos de madera varían en gravedad específica, puede contener fibras cruzadas o pueden tener nudos y fibras con pendientes localizadas.

- ❖ Gravedad Específica: la sustancia de que se compone la madera es realmente más pesada que el agua; su gravedad específica es aproximadamente 1,5 independientemente de la especie de madera. A pesar de ello, madera seca de la mayoría de las especies flota en el agua, y por lo tanto es evidente que parte del volumen de un pedazo de madera está ocupada por cavidades de celdas y de poros. Las variaciones en el tamaño de estas aberturas y en el espesor de las paredes celulares causan algunas especies tienen más sustancia madera por unidad de volumen que otras especies y por lo tanto, mayor gravedad específica. Por lo tanto, la gravedad específica es un excelente índice de la cantidad de sustancia de madera está contenida en un pedazo de madera. (Ale, 2010: s/p).
- ❖ Nudos: un nudo es la parte de una rama que se ha incorporado en el cuerpo de un árbol. La influencia de un nudo en las propiedades mecánicas de un elemento de madera se debe a la interrupción de la continuidad y un cambio

en la dirección de las fibras de la madera asociados al nudo. La influencia de los nudos depende de su tamaño, de la ubicación, de la forma y de la solidez; dependiendo de la pendiente del grano; y del tipo de esfuerzo al que es sometido un elemento de madera. La forma de un nudo sobre una superficie aserrada depende de la dirección del corte expuesto. Los nudos se clasifican como de intercrecimiento o de encajonado (Figura 3). (Ale, 2010: s/p).

Las propiedades mecánicas son más bajas en las secciones que contienen los nudos que en secciones uniformes de fibra recta porque: (a) la madera uniforme es desplazada por el nudo, (b) las fibras alrededor el nudo están distorsionadas, resultando en fibras cruzadas, (c) la discontinuidad de la fibra de la madera conduce a concentraciones de esfuerzos, y (d) el control a menudo se produce alrededor de los nudos durante el secado.

En las columnas cortas o intermedias, la reducción en la resistencia causada por los nudos es aproximadamente proporcional a su tamaño; sin embargo, los grandes nudos tienen un efecto relativamente algo mayor que los pequeños nudos. (Ale, 2010: s/p).

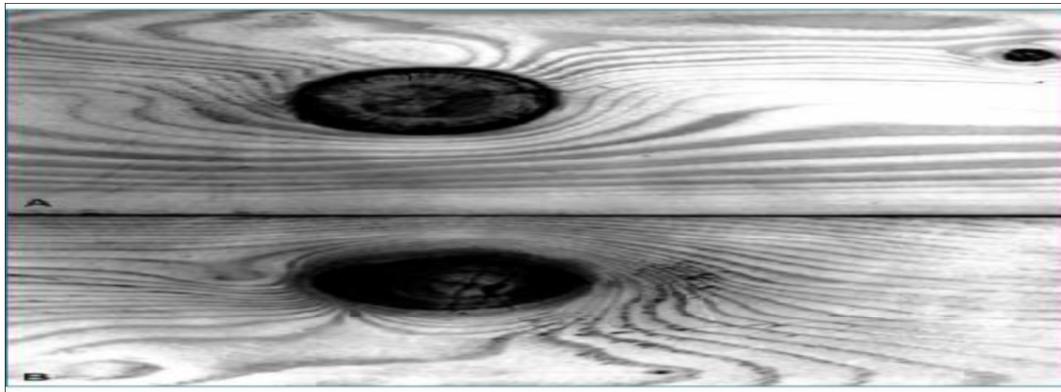


Figura 3.2. Tipos de nudos, A, Nudo de encajonado; B, Nudo de intercrecimiento (Bergman et al, 2010).

- ❖ **Pendiente de la Fibra:** en algunas aplicaciones, las direcciones de los esfuerzos importantes pueden no coincidir con los ejes naturales de orientación de la fibra de la madera. Esto puede ocurrir por una elección de diseño, desde la manera como la madera fue retirada extraída, o debido a irregularidades de la fibra que se produjeron mientras el árbol fue creciendo.

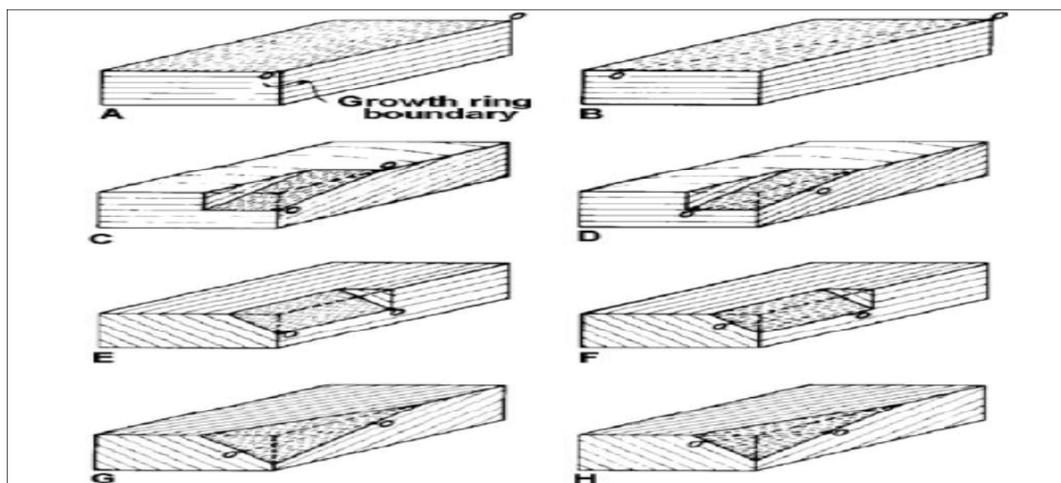


Figura 3.3. Pendiente y orientación de las fibras. (Bergman et al, 20)

La Figura 3.3 muestra la orientación de la fibra con respecto a los ejes en un espécimen de madera de fibra uniforme. Los especímenes desde A hasta D tienen superficies radiales y tangenciales; los especímenes desde E hasta H no. Los especímenes A y E no contienen fibras cruzadas; los especímenes B, D, F y H tienen fibras espirales; los especímenes C, D, G y H tienen fibras diagonales.

### **3.2.1.7. Clasificación de la madera por su resistencia**

La clasificación por resistencia conduce a dividir una población de madera en clases, o grupos, de distinta calidad, sobre la base de un análisis individual de cada pieza estructural. Esta inspección, que puede ser visual o mecánica, tiene en cuenta el nivel de los parámetros considerados y, en función de los límites establecidos para los mismos, origina la asignación de cada elemento a una determinada clase resistente.

Existen actualmente en el mundo dos sistemas de clasificación por resistencia de madera aserrada para uso estructural, el visual y el mecánico.

Toda madera sometida a una fuerza exterior, genera una fuerza interna que se opone a ella, esto se denomina esfuerzo, es decir, aquella fuerza interna que es capaz de resistir las diferentes fuerzas externas, las cuales tienden a cambiar la forma o tamaño de una pieza de madera. La fuerza resistente es igual a la fuerza deformante. Esto se expresa en Kg/cm<sup>2</sup>. (Escobar & Ricardo, 1995: p.137).

En general, la madera se puede clasificar basada en el tipo, tamaño, número y localización de características que pueden disminuir su resistencia, durabilidad y utilidad en:

- ❖ Madera Estructural: requiere un proceso de análisis y diseño estructural; se clasifica atendiendo a sus propiedades mecánicas y uso de las piezas aserradas (Fernández, 1992).
- ❖ Madera Comercial: se clasifica en diferentes grupos teniendo en cuenta solamente su apariencia y características físicas, sin importar sus propiedades mecánicas; se utilizan en trabajos generales de construcción (Fernández, 1992).
- ❖ Madera de Elaboración: se usa en la carpintería y ebanistería para hacer puertas, marcos y otras piezas (Fernández, 1992).

#### **3.2.1.8. Patología de la madera**

La patología hace referencia a las enfermedades que puede sufrir una estructura, en éste caso de madera, la cual puede ser causada por diferentes agentes, tanto bióticos, como abióticos, e influyen directamente en las propiedades físicas y mecánicas de los elementos afectados. Para prevenir los ataques de los agentes patógenos a las estructuras es necesario seguir ciertas recomendaciones de protección, las cuales se describen a continuación.

- ❖ Protección de la Madera: tiene como objetivo mejorar sus prestaciones incrementando su vida útil o de servicio. Para ello se vale de dos tipos distintos de medidas que pueden resumirse del siguiente modo: protección no química (protección por diseños constructivo) y protección química.

Protección no química (protección por diseño constructivo): consiste en no utilizar sustancias químicas para la protección de la madera, sino en recurrir a las propiedades de la madera (en especial la durabilidad natural), para disminuir al máximo el efecto de agentes adversos a la madera (como humedad y condiciones climáticas) y en realizar una buena planeación y un adecuado diseño para la colocación arquitectónica ideal de cada elemento de madera a utilizar.

Constituye un refuerzo adicional para la protección. Si la protección por diseño constructivo está bien diseñada y planeada, se puede reducir en gran proporción (quizás hasta en un 80%) el uso de la protección química (Zanni, 2004).

Protección química: se usa principalmente en aquellas piezas de madera utilizadas en el exterior o que van a estar expuestas a condiciones climáticas adversas. Consiste en la aplicación de sustancias químicas para prolongar la vida útil de la madera al hacerla resistente al ataque de hongos, insectos, fuego y la intemperie, así como mejorar su estabilidad dimensional.

La protección química se utiliza para aquellas piezas que estarán sometidas a la acción de agentes deteriorantes como la humedad, el fuego y la intemperie; es decir, la madera que va a utilizarse para exteriores o la que estará expuesta a estos agentes. A pesar de que los compuestos de cromo disminuyen el efecto que causa la intemperie, toda la madera tratada debe ser pintada para protegerla de los efectos del sol.

El intemperismo (efecto de la lluvia y del sol) modifica la estructura molecular de la madera a través de cambios químicos, mecánicos, biológicos y lumínicos muy complejos, los que ocurren simultáneamente. En general en dos meses de exposición al sol, todas las maderas se tornan amarillentas o cafés y luego grisáceas. Las maderas más oscuras y con alta densidad sufren cambios más lentos que las maderas claras y de baja densidad (Zanni, 2004).

Protección de diseño constructivo: tiene como objetivo impedir una alta concentración de humedad en las piezas de madera y reducir al mínimo los cambios de contenido de humedad en la madera.

#### **3.2.1.9. Clases de riesgo que afectan la madera**

Las clases de riesgo son un concepto definido por las normas para intentar valorar el riesgo de ataque de agentes xilófagos, en función del lugar donde va a instalarse la madera. De acuerdo a la clase de riesgo en que se encuadra cada caso, y considerando las medidas constructivas a adoptar y la especie forestal de que se trate, podrá elegirse el tratamiento químico adecuado a aplicar; las variables consideradas para la clasificación son el grado de humedad a que estará expuesta la madera durante su vida de servicio, el contacto con aguas dulces o saladas, su grado de exposición a la intemperie, etc. De acuerdo a ellas, se distribuyen en cinco categorías (Arriaga et al, 2002).

- ❖ Clase de riesgo 1: incluye los elementos que están bajo cubierta, completamente protegidos de la intemperie y no expuestos a la humedad. Los contenidos de humedad alcanzados por la madera durante su vida de servicio serán siempre inferiores al 18%.

Si bien no hay riesgo de ataque por hongos, si lo hay por parte de insectos xilófagos (ocasionalmente puede ser atacada por terminas, parques, entarimados, vigas, revestimientos de madera, etc. (Zanni, 2004).

- ❖ Clase de riesgo 2: incluye los elementos que están bajo cubierta, completamente protegidos de la intemperie pero en la que se puede dar ocasionalmente una humedad ambiente elevada que puede producir humectación superficial transitoria pero no permanente. Los contenidos de humedad alcanzados por la madera durante su vida de servicio serán siempre inferiores al 18 o 20%. Ocasionalmente puede existir riesgo de ataque de mohos y otros hongos cromógenos, en tanto que por parte de los insectos xilófagos, es similar a la clase 1. Son ejemplos típicos de éste grupo, los elementos de madera colocados cerca de desagües o instalaciones sanitarias, estructuras de piletas cubiertas, etc. (Zanni, 2004)
  
- ❖ Clase de riesgo 3: la pieza está al descubierto pero no en contacto con el suelo, lo que ocasiona que sufra humidificación frecuente, los contenidos de humedad alcanzados por la madera durante su vida de servicio serán superiores al 20% con alternancias rápidas de sus valores, al existir períodos de humectación y sequedad. El riesgo de ataque de hongos xilófagos cromógenos y de pudrición es más marcado que en la clase 2. Con respecto a los insectos, el riesgo es similar a la clase 1. Dentro de éste grupo se ubican elementos de carpintería exterior (Zanni, 2004).
  
- ❖ Clase de riesgo 4: el elemento está en contacto con el suelo o con agua dulce y expuesto a humidificación permanente. Los contenidos de humedad alcanzados por la madera serán superiores al 20% durante largos períodos

de tiempo. Tiene un riesgo permanente de pudrición y de ataque de termitas. Los ejemplos típicos de madera de esta clase son los postes, pilares, cercas, pilotes, embarcaderos de río, etc. (Zanni, 2004).

- ❖ Clase de riesgo 5: el elemento está en contacto permanente con agua salada. Los contenidos de humedad alcanzados por la madera serán permanentemente superiores al 20% durante toda su vida de servicio. Además de los riesgos de ataque de la clase 4, se añade el de los xilófagos marinos. El ejemplo habitual lo constituyen los muelles y embarcaderos marítimos. (Fritz, 2010).

El empleo de una madera en un uso determinado depende principalmente de sus propiedades físicas, mecánicas y de carácter estético, apreciadas o determinadas éstas sobre madera sana. Es necesario sin embargo, considerar que estas propiedades son modificadas en mayor o menor escala cuando la madera sufre alteraciones a lo largo del tiempo (Zanni, 2004).



Figura 3.4. Degradación de la madera. (Centro de transferencia tecnológica de la madera, 2007).

### 3.2.1.10. Causas biológicas

Para que los agentes biológicos se desarrollen y subsistan se requiere que existan ciertas condiciones como son: fuente de material alimenticio para su nutrición y temperatura para su desarrollo; El intervalo de temperatura es de 3° a 50°, siendo el óptimo alrededor de los 37 °C; la humedad debe estar entre el 20 % y el 140 %, para que la madera pueda ser susceptible de ataques de hongos. Por debajo del 20 %, el hongo no puede desarrollarse y por sobre 140 % de humedad, no hay suficiente oxígeno para que pueda vivir. (Fritz, 2010).

- ❖ Hongos: los hongos que atacan la madera son organismos parásitos de origen vegetal que se alimentan de las células que la componen desintegrándola. Se producen sobre la madera húmeda bajo ciertas condiciones de temperatura, por esporas traídas a través del aire o por el contacto directo con otros hongos. La protección de la madera debe comenzar, por lo tanto, desde que se corta. Las maderas con baja durabilidad natural y la madera de albura de todas las especies deben tratarse con sustancias preservantes (NSR-10, 2010).
- ❖ Hongos cromógenos: se caracterizan por alimentarse de las células vivas de la madera. El efecto importante que producen es un cambio de coloración, la madera toma un color azulado, pero en general no afecta a su resistencia, dado que no altera la pared celular (Fritz, 2010).

Según lo expuesto, una madera azulada no debería depreciarse más que por su aspecto, pero la realidad es que el hecho de presentar dicha coloración, es signo de que la madera ha estado expuesta a condiciones favorables para el desarrollo de hongos de pudrición, y si bien todavía no es visible su ataque, probablemente éste se ha producido en alguna medida.



Figura 3.5. Ataque por hongos en piezas machihembradas de pino Radiata. (Fritz, 2010).

- ❖ Hongos de pudrición: en este caso los hongos se alimentan de la pared celular, causando una severa pérdida de resistencia, impidiendo cualquier tipo de aplicación, ya que la madera puede desintegrarse por la simple presión de los dedos. En un ataque de pudrición se suelen desarrollar muchos tipos de hongos, cada uno de los cuales actúa en un determinado intervalo de degradación, dependiendo si el hongo se alimentó de la lignina o de la celulosa (Fritz, 2010).

La pudrición blanca es causada por hongos que se alimentan de la lignina, dejando la celulosa de color blanco. En este caso la madera se rompe en fibras, por lo que también se denomina pudrición fibrosa.

La pudrición parda es causada por hongos que se alimentan de la celulosa dejando la lignina, caracterizada por su color pardo. La madera se desgrana en cubos, por lo que también se le conoce como pudrición cúbica.



Figura 3.6. Pieza de madera atacada por Hongo de Pudrición. (Fritz, 2010)

- ❖ Mohos: son hongos que tienen una apariencia de algodón fino. La extensión de estos depende fundamentalmente de la temperatura y de una humedad abundante. Afectan a la madera en su aspecto superficial y se pueden eliminar cepillando la pieza, no causan daños a la resistencia ni a otras propiedades. Si no se eliminan oportunamente puede que la pieza de madera sea fácilmente atacada por hongos de pudrición, ya que el crecimiento de mohos estimula su desarrollo.



Figura 3.7. Pieza de madera atacada por Moho. (Fritz, 2010)

- ❖ Insectos: la madera puede ser atacada, especialmente en climas húmedos y cálidos, por insectos que perforan su estructura en busca de nutrientes. Entre estos insectos están las termitas subterráneas, los gorgojos y los comejenes (termitas) (NSR-10 b, 2010).
- ❖ Existe una gran cantidad de insectos que usan la madera para reproducirse y vivir y se alimentan de la celulosa que ésta contiene. El daño se produce debido a que sus larvas, orugas y adultos abren galerías en la madera para obtener alimento y protección. Dentro de estos insectos figuran los siguientes:

*Coleópteros xilófagos:* pueden ser agrupados en tres categorías, Insectos que requieren un contenido de humedad en la madera mayor al 20%, insectos que atacan maderas parcialmente secas (menos del 18 % de humedad), insectos que atacan a las maderas secas. (Fritz, 2010).

*Termitas o Comejenes:* son los ataques de estos insectos los que pueden causar mayores daños a la estructura de madera de una vivienda. Son capaces de introducirse entre los cimientos, sobre cimientos, radias y muros de las edificaciones taladrando el hormigón, aprovechando las grietas, las cañerías y ductos que atraviesan estas estructuras o practicando galerías exteriores a base de una argamasa extraordinariamente dura (Fritz, 2010).



Figura 3.8. Termitas deteriorando pieza de madera. (Ecoespacio, 2010).

#### **3.2.1.11. Comportamiento contra fuego**

En el comportamiento de los materiales frente al fuego hay que diferenciar dos conceptos básicos: la reacción y la resistencia. Se entiende por reacción al fuego la respuesta de un material medida en términos de su contribución al desarrollo del mismo con su propia combustión. Resistencia al fuego es la capacidad de un elemento de construcción para mantener durante un periodo de tiempo determinado la función portante que le sea exigida (R), su integridad (E) y/o su aislamiento térmico

La siniestralidad de incendios en edificios suele estar relacionada con las instalaciones o almacenamiento de materiales de alta inflamabilidad y en una medida muy inferior con el material del que esté construido (por ejemplo madera o fábrica). La magnitud que puede alcanzar un incendio depende, en gran medida, de una compartimentación eficaz. En la construcción actual con madera, la combinación de productos de diferente naturaleza permite llevar a cabo eficazmente dicha compartimentación de forma que el incendio pueda confinarse en el interior del sector durante el tiempo requerido.

❖ Reacción de la madera sometida al fuego

Las clases de reacción al fuego para los materiales de construcción, con excepción de los suelos, para los productos lineales para aislamiento térmico de tuberías y para los cables eléctricos, son: A1, A2, B, C, D, E y F, de mejor a peor comportamiento al fuego. Estas clases representan un índice de la inflamabilidad del material y su contribución al fuego. En algunos casos, van acompañadas de otros dos subparámetros que dan información sobre la producción de humo, de mayor a menor velocidad de propagación y producción total: s1, s2 y s3, y sobre la caída de partículas o gotas inflamadas: d0, d1 y d2. El DB SI exige que los elementos constructivos deban cumplir, al menos, las condiciones de reacción al fuego establecidas en la *Tabla 3.1* Según el RD 110/2008 los tableros de madera o derivados tiene una clasificación de reacción al fuego D-s1 d0 a D-s2 d2, excepto el tablero de partículas aglomerado con cemento. En la *Tabla 3.2* se presentan los casos más habituales para los espesores, las densidades y las condiciones finales de uso indicado el Real Decreto. (Guía de construcción)

Tabla 3.1 Clases de reacción al fuego de los elementos constructivos

	Situación del elemento	Revestimiento <sup>(1)</sup>	
		De techo y paredes <sup>(2) (3)</sup>	De suelo <sup>(2)</sup>
Propagación interior	Zonas ocupables <sup>(4)</sup>	C-s2,d0	E <sub>fl</sub>
	Pasillos y escaleras protegidas	B-s1,d0	C <sub>fl</sub> -s1
	Aparcamientos y recintos de riesgo especial <sup>(5)</sup>	B-s1,d0	B <sub>fl</sub> -s1
	Espacios ocultos no estancos: patinillos, falsos techos (excepto los existentes dentro de las viviendas), suelos elevados, etc.	B-s3,d0	B <sub>fl</sub> -s2 <sup>(6)</sup>
Propagación exterior	Revestimientos de fachada <sup>(7)</sup>		B-s3,d0
	Superficies interiores de las cámaras ventiladas de fachadas <sup>(8) (7)</sup>		B-s3,d0
	Revestimientos o acabados exteriores de cubierta <sup>(9)</sup>		B <sub>door</sub> (t1)

Tabla 3.2 Reacción al fuego de los distintos productos

Elementos	Reacción fuego (excluido suelo) <sup>(1)</sup>	Reacción fuego de suelo <sup>(1)</sup>
Tablero de madera maciza (SWP)	D-s2,d0, D-s2,d2	D <sub>fl</sub> -s1
Contrachapado	D-s2,d0- D-s2,d2	D <sub>fl</sub> -s1
Tableros microlaminados (LVL)	D-s1,d0	D <sub>fl</sub> -s1
Tableros contralaminados	D-s2,d0	D <sub>fl</sub> -s1
OSB	D-s2,d0, D-s2,d2	D <sub>fl</sub> -s1
Tablero de fibras	D-s2,d0, D-s2,d2,E, pasa	D <sub>fl</sub> -s1
Tablero de partículas	D-s2,d0, S-s2, d2	D <sub>fl</sub> -s1
Tablero de partículas aglomerado con cemento <sup>(2)</sup>	B-s1, d0	B <sub>fl</sub> -s1 <sup>3</sup>

### 3.2.2. Cercha

Entramado formado por piezas lineales de madera unidas entre ellas en un mismo plano, sometidas a esfuerzos de tracción y compresión, que sirve para sostener cubiertas ligeras de grandes luces.

### **3.2.2.1. Clasificación de las Cerchas.**

Las cerchas de madera se pueden clasificar de acuerdo a los siguientes criterios:

- a) Según su forma: con cordón superior triangular, rectangular, curvo o combinaciones de ellos.
- b) Según distribución de diagonales: Howe, Pratt, Warren, etc.
- c) Según tipo de madera: aserrada, elaborada o cepillada, laminada encolada o mezclas de estas.
- d) Según tipo de cordones: ya sean de uno, dos o varios elementos. En el caso de cordones superiores e inferiores con dos elementos, las diagonales se ubicarán entre ellos.

La introducción de los conectores metálicos ha hecho posible el aprovechamiento más eficiente de la madera en el diseño de cerchas. Antes eran necesarias grandes secciones transversales a fin de tener uniones seguras y sólo se utilizaba entre el 40 y el 60 % de capacidad de resistencia de la madera. Ahora, al utilizar conectores metálicos, es posible obtener el 80 y hasta el 100 % de la resistencia de los diferentes elementos de madera que conforman una cercha.

### **3.2.2.2. Selección del Tipo de Cercha.**

El tipo de techumbre, los requerimientos arquitectónicos y la economía son los factores que, por lo general, gobiernan la selección del tipo de cercha.

Se ha demostrado que la cercha del tipo cordón superior curvo es la más económica cuando las cargas solicitantes son uniformemente repartidas, ya que en ella estas cargas inducen esfuerzos pequeños en las diferentes barras, sean estas internas o externas. Esto es particularmente importante, debido a que resultan elementos de unión simples y compactos.

La cercha del tipo triangular se recomienda cuando las cargas se transmiten a la cercha en puntos específicos (cargas concentradas y/o puntuales). Para las barras traccionadas es aconsejable utilizar tensores de acero.

En cuanto a cerchas de madera laminada encolada, éstas son recomendables para salvar grandes luces y además permiten obtener mayores tensiones de diseño, pueden curvarse con facilidad y variar su sección transversal a lo largo de su longitud.

Las cerchas fabricadas con elementos constituidos por una pieza soportaran cargas a lo menos iguales que aquellas fabricadas con elementos conformados por dos o más piezas que proporcionen igual sección transversal, pero estarán propensas a pandearse con mayor facilidad.

### **3.2.2.3. Geometría de la Cercha.**

Como ya se mencionó, las cerchas, según la forma de su cordón superior, se clasifican en triangulares, rectangulares y curvas.

Para las triangulares se recomienda una pendiente 1:3 como mínimo; en las rectangulares, alturas comprendidas entre  $1/8$  y  $1/10$  de la luz de la cercha y en las de cordón superior curvo, radios de curvatura de magnitud igual a la luz de la cercha y altura total igual al  $0,134$  de la luz; sin embargo, en este último caso, si las cerchas deben tener una altura menor a  $0,134$  de la luz se pueden tomar radios de curvatura mayores y viceversa.

La distancia entre nudos estará determinada por la ubicación deseada de las costaneras, por las cargas concentradas o por el arriostramiento entre cerchas.

Para cerchas de cordón superior curvo, sometidas a cargas uniformemente distribuidas, conviene elegir una distancia entre nudos comprendida entre 2,4 y 3,6 m, dependiendo de la luz de la cercha.

La distancia entre cerchas estará controlada por la disposición más económica que sea capaz de soportar las cargas que actúan sobre la techumbre. Para costaneras de madera aserrada, la distancia más económica y práctica es 4,8 m. Cuando se utilicen costaneras de madera laminada, esta distancia sólo será limitada por aspectos económicos, pues dichos elementos laminados se pueden fabricar de cualquier longitud, considerándose económicas distancias de 9m.

En cuanto a los arriostramientos, será conveniente colocar entre cerchas aquéllos del tipo X en un plano vertical o semejante, perpendicular al plano de éstas, usando para ello madera aserrada.

Otro tipo de arriostramiento es el requerido para soportar la acción del viento lateral, el cual se dispone a nivel del cordón inferior de las cerchas, entre éstas; está constituido por elementos de madera aserrada o barras de acero redondo provistas de pernos de ajuste y se calcula como cercha horizontal con cargas de viento lateral para determinar sus secciones transversales y elementos de unión.

#### **3.2.2.4. Cerchas Estándares.**

Algunos fabricantes proveen de cerchas para las solicitaciones más comunes que actúan en una techumbre. Estas suelen ser más económicas que aquellas que se diseñan y calculan en particular para un edificio específico, debido a las ventajas de la producción en serie. Por lo tanto, este tipo de cercha debe tenerse siempre en consideración cuando existan proyectos alternativos.

( R.VARGAS ARANGUA,VALDIVIA, JULIO DE 2003)

#### **3.2.3. Elementos de unión**

Los elementos de unión juegan un papel importante en las estructuras de madera. Un buen diseño y cálculo de los mismos junto con una buena ejecución disminuyen drásticamente la aparición de problemas posteriores. Los principales factores que se tendrán en cuenta en la planificación de los detalles de la unión son (Tabla 2.2.1):

3.2.3.1. Los tipos e intensidades de esfuerzos que deben transmitir (cargas estáticas, dinámicas, tracción, compresión, flexión, cizallamiento, etc).

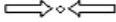
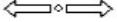
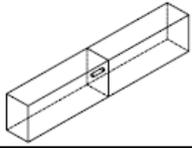
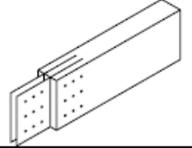
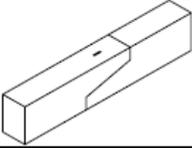
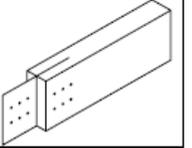
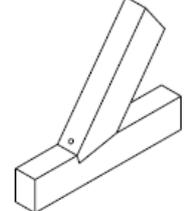
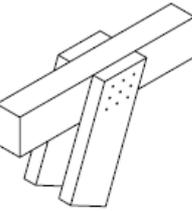
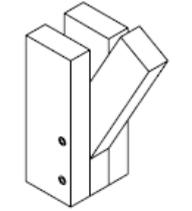
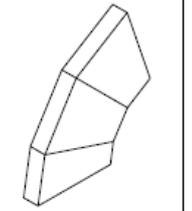
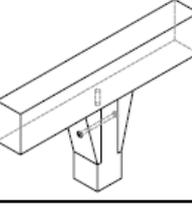
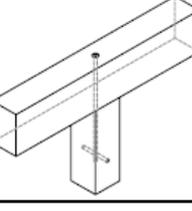
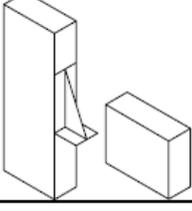
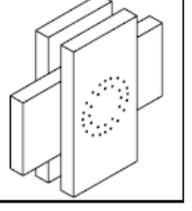
3.2.3.2. La geometría de las barras a unir (barras en un mismo eje, o encuentros con un ángulo).

3.2.3.3. El tipo de sección de las barras a unir (sección rectangular, circular, compuesta, etc).

3.2.3.4. Las exigencias de montaje (prefabricación, etc).

### 3.2.3.5. Las exigencias estéticas.

Tabla 3.3 Diferenciación de las uniones según la geometría y el tipo de esfuerzo transmitido

Geometría de la unión	Tipo de esfuerzos			
	Compresión 	Tracción 	Cortante 	Flexión 
				
				
				

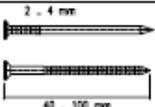
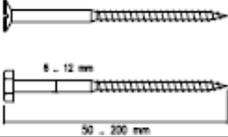
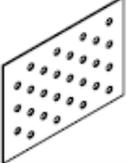
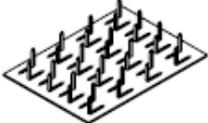
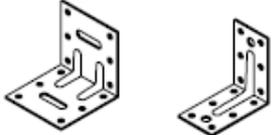
#### 3.2.3.1. Tipos de unión entre elementos de pequeñas esquadrias:

##### ❖ Sistemas de entramado ligero

El elemento de unión, en el sistema de entramado ligero, suele ser de tipo clavija, especialmente, clavos, grapas y tirafondos; así como las placas y elementos metálicos como colgadores o escuadras (*Tabla 4*). La elección de las clavijas suele depender, además de los factores vistos anteriormente, de la

separación exigida entre clavijas por la norma, de la existencia en fábrica o en obra de las herramientas adecuadas para dispensar las clavijas y la estética. En el sistema de entramado ligero, las uniones no suelen estar expuestas al fuego.

Tabla 3.4 Clasificación de los elementos de unión para entramado ligero de madera.

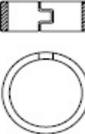
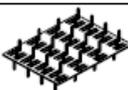
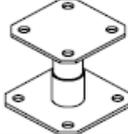
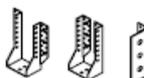
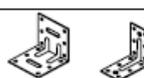
Tipo de unión		Uso común	Tipo de clavija necesaria
Clavos		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Unión de dos o tres elementos de madera.</li> <li>- Unión de madera-tablero</li> <li>- Unión de madera-elementos metálicos</li> </ul>	
Clavijas		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Unión de dos o tres elementos de madera.</li> <li>- Unión de madera-tablero</li> <li>- Unión de madera-elementos metálicos</li> </ul>	
Grapas		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Unión de madera-tablero</li> </ul>	
Placas perforadas Placas metálicas		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Unión de dos o tres elementos de madera.</li> <li>- Montaje de cerchas</li> </ul>	Clavos
Placas clavo		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Unión de dos o tres elementos de madera.</li> <li>- Montaje de cerchas (normalmente con ayuda de una prensa hidráulica)</li> </ul>	
Elementos metálicos		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sujeción de elementos de forjado</li> </ul>	Clavos
Escuadras		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Unión entre pilares y vigas y entre vigas y pares</li> </ul>	Clavos

### **3.2.3.2. Tipos de unión entre elementos de grandes escuadrías.**

Para la unión de elementos estructurales de mayor sección se suelen emplear las uniones tradicionales y una mayor variedad de uniones metálicas.

- ❖ Uniones tradicionales. La generalización de las máquinas de control numérico en los almacenes y fábricas de montaje de madera hacen cada día más usual este tipo de unión.
  
- ❖ Uniones mediante elementos metálicos. Los elementos de unión más empleados vienen reflejados en la (Tabla 2.2.3). La resistencia estructural de cada una de estas uniones suele facilitar el fabricante a través de los catálogos técnicos. En los Capítulos 4: Uniones y 5: Ejecución, control y mantenimiento, de esta Guía se profundizará en su descripción y condiciones de uso. (Guía de construcción con madera, JUAN QUEIPO DE LLANO MOYA BEATRIZ GONZÁLEZ RODRIGO)

Tabla 3.6. Clasificación de los elementos de unión más empleados para unir elementos estructurales de grandes escuadrías.

Tipo de unión		Uso común	Características
Clavijas	Pernos	 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Unión entre dos o tres elementos.</li> <li>- Unión de viga con una articulación.</li> <li>- Unión de vigas secundarias suspendidas de una viga principal.</li> <li>- Unión de corona entre pilar y jácena.</li> </ul>	- Se suele emplear como complemento del resto de los elementos de unión.
	Pasadores	 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Unión de vigas secundarias suspendidas de una viga principal.</li> </ul>	- Se suele emplear como complemento de elementos metálicos.
Placas <sup>(1)</sup>		 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Refuerzo de la unión entre elemento metálico y la madera (ejemplo pies de pilar y tensores metálicos)</li> </ul>	- La madera suele estar abrazada por dos elementos metálicos que trabajan conjuntamente gracias a pernos.
	Anillos	 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Unión de dos o tres elementos de madera</li> <li>- Unión entre pilares y vigas o jácenas <sup>(2)</sup></li> </ul>	- Adecuado para maderas densas y para fabricación en obra. - No adecuado si los dos elementos de unión forman un ángulo entre sí. - Requiere de una fresadora especial para la puesta en obra.
Conectores metálicos			- La madera suele estar abrazada por dos elementos metálicos que trabajan conjuntamente gracias a pernos.
	1 cara <sup>(1)</sup>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Refuerzo de los pies de pilar, tensores metálicos, etc.</li> </ul>	- Adecuado si los dos elementos de unión forman un ángulo entre sí. - No apto para maderas de más de 500 kg/m <sup>3</sup> - Requiere de un importante dispositivo de prensa para la puesta en obra.
	Dentados	  <ul style="list-style-type: none"> <li>- Unión de dos o tres elementos de madera.</li> <li>- Unión entre vigas y pilares o jácenas <sup>(2)</sup></li> </ul>	- Adecuado si los dos elementos de unión forman un ángulo entre sí. - No apto para maderas de más de 500 kg/m <sup>3</sup> - Requiere de un importante dispositivo de prensa para la puesta en obra.
Placas metálicas	Placas de clavos	 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Unión de elementos de una cercha (pueden presentarse visto o ocultos).</li> <li>- Suele emplearse para evita el desplazamiento de dos elementos unidos mediante uniones tradicionales.</li> </ul>	
	Pies de pilar	 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Punto de unión entre el pilar o la jácena y el terreno.</li> </ul>	Existe una gran variedad de soluciones dependiendo de: <ul style="list-style-type: none"> <li>- si existe un soporte previo.</li> <li>- si el pilar va a estar sometido a cargas horizontales.</li> <li>- Si el nudo es articulado.</li> </ul>
Elementos metálicos	Estribos	 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Unión entre vigas y viguetas a una misma altura</li> <li>- Unión entre muros y vigas</li> </ul>	Existe una gran variedad de colgadores. Se pueden clasificar en dos grupos: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ocultos, Elemento estructural expuesto al incendio.</li> <li>- Visto, elemento estructural no expuesto al incendio.</li> </ul>
	Escuadras	 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Unión entre vigas y viguetas a alturas distintas</li> <li>- Unión entre pilares y vigas</li> <li>- Unión de la cercha o los pares a los muros</li> </ul>	

### **3.2.4. Métodos de evaluación estructural**

#### **3.2.4.1. Coeficientes de longitud y carga**

La tabla que se presenta a continuación contiene coeficientes para la determinación de longitudes y fuerzas axiales en las barras de 8 tipos de armaduras. Se incluye una fórmula general en función de la pendiente y coeficientes evaluados para las pendientes más comunes. Como la mayoría de los casos son simétricos se identifican con las letras solas las barras de un lado.

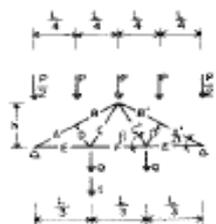
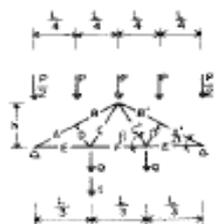
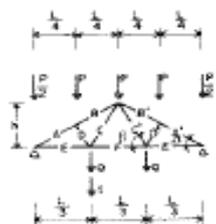
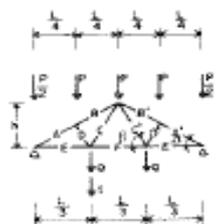
Tabla 3.7 Coeficiente de longitud y carga

TIPO DE ARMADURA	COEF. DE	ELE- MENTO	FORMULA GENERAL	PENDIENTE				
				1/2	5/12	1/3	1/4	
	C <sub>L</sub>	A	$0.50 \sec \alpha$	0.559	0.542	0.527	0.515	
		B	0.50	0.500	0.500	0.500	0.500	
		C	$0.50 \operatorname{tg} \alpha$	0.250	0.208	0.167	0.125	
	C <sub>P</sub>	A	$0.50 \operatorname{cosec} \alpha$	+ 1.12	+ 1.30	+ 1.58	+ 2.06	
		B	$- 0.50 \operatorname{ctg} \alpha$	- 1.00	- 1.20	- 1.50	- 2.00	
		C	0.00	- 0.00	- 0.00	- 0.00		
	C <sub>Q</sub> o C <sub>1</sub>	A	$0.50 \operatorname{cosec} \alpha$	+ 1.12	+ 1.30	+ 1.58	+ 2.06	
		B	$- 0.50 \operatorname{ctg} \alpha$	- 1.00	- 1.20	- 1.50	- 2.00	
		C	- 1.00	- 1.00	- 1.00	- 1.00		
	C <sub>L</sub>	A B C	$0.25 \sec \alpha$	0.280	0.271	0.263	0.257	
		D	0.50	0.500	0.500	0.500	0.500	
		E	$0.50 \operatorname{tg} \alpha$	0.250	0.208	0.167	0.125	
		C <sub>P</sub>	A	$1.50 \operatorname{cosec} \alpha$	+ 3.36	+ 3.90	+ 4.74	+ 6.18
			B	$1.00 \operatorname{cosec} \alpha$	+ 2.24	+ 2.60	+ 3.16	+ 4.12
	C		$0.50 \operatorname{cosec} \alpha$	+ 1.12	+ 1.30	+ 1.58	+ 2.06	
	C <sub>Q</sub> o C <sub>1</sub>	AB	$0.50 \operatorname{cosec} \alpha$	+ 1.12	+ 1.30	+ 1.58	+ 2.06	
		C	0.00	0.00	0.00	0.00		
		D	$- 0.50 \operatorname{ctg} \alpha$	- 1.00	- 1.20	- 1.50	- 2.00	
	C <sub>L</sub>	AB	$0.25 \sec \alpha$	0.280	0.271	0.263	0.257	
		C	$0.50 \operatorname{tg} \alpha$	0.250	0.208	0.167	0.125	
		D	$0.25 \sec \beta$	0.354	0.325	0.300	0.280	
		E	$0.25 \operatorname{tg} \alpha$	0.125	0.104	0.083	0.062	
		FG	0.25	0.250	0.250	0.250	0.250	
		C <sub>P</sub>	AB	$1.50 \operatorname{cosec} \alpha$	+ 3.36	+ 3.90	+ 4.74	+ 6.18
			C	0.00	0.00	0.00	0.00	
	D		$- 1.00 \operatorname{cosec} \beta$	- 1.41	- 1.56	- 1.80	- 2.24	
	E		1.00	+ 1.00	+ 1.00	+ 1.00		
	F		$- 1.50 \operatorname{ctg} \alpha$	- 3.00	- 3.60	- 4.50	- 6.00	
	C <sub>Q</sub>	AB	$1.50 \operatorname{cosec} \alpha$	+ 3.36	+ 3.90	+ 4.74	+ 6.18	
		C	- 1.00	- 1.00	- 1.00	- 1.00		
		D	$- 1.00 \operatorname{cosec} \beta$	- 1.41	- 1.56	- 1.80	- 2.24	
		E	0.00	0.00	0.00	0.00		
		F	$- 1.50 \operatorname{ctg} \alpha$	- 3.00	- 3.60	- 4.50	- 6.00	
C <sub>1</sub>	AB	$0.50 \operatorname{cosec} \alpha$	+ 1.12	+ 1.30	+ 1.58	+ 2.06		
	C	- 1.00	- 1.00	- 1.00	- 1.00			
	DE	0.00	0.00	0.00	0.00			

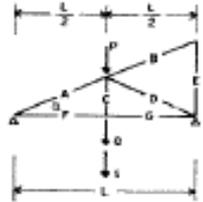
Continuación

TIPO DE ARMADURA	COEF. DE	ELEM. MENTO	FORMULA GENERAL	PENDIENTE			
				1/2	5/12	1/3	1/4
<p><b>4</b></p>	C <sub>L</sub>	ABCD	$0,167 \sec \alpha$	0,187	0,181	0,178	0,172
		E	$0,333 \operatorname{tg} \alpha$	0,167	0,139	0,111	0,083
		F	$0,167 \sec \beta$	0,236	0,217	0,201	0,187
		GH	0,333	0,333	0,333	0,333	0,333
	C <sub>P</sub>	A	$2,50 \operatorname{cosec} \alpha$	+ 5,60	+ 6,50	+ 7,90	+10,30
		B	$2,00 \operatorname{cosec} \alpha$	+ 4,48	+ 5,20	+ 6,32	+ 8,24
		C	$2,00 \operatorname{cosec} \alpha$	+ 4,48	+ 5,20	+ 6,32	+ 8,24
		DE	1,00	+ 1,00	+ 1,00	+ 1,00	+ 1,00
		F	$-1,50 \operatorname{cosec} \beta$	- 2,12	- 2,34	- 2,70	- 3,35
		G	$-2,50 \operatorname{ctg} \alpha$	- 5,00	- 6,00	- 7,50	-10,00
		H	$-0,38 \operatorname{ctg} \alpha$	- 0,76	- 0,91	- 1,14	- 1,52
		C <sub>Q</sub>	ABC	$1,00 \operatorname{cosec} \alpha$	+ 2,24	+ 2,60	+ 3,16
DE	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	
F	$-1,00 \operatorname{cosec} \beta$		- 1,41	- 1,56	- 1,80	- 2,24	
G	$-1,00 \operatorname{ctg} \alpha$		- 2,00	- 2,40	- 3,00	- 4,00	
H	$-0,33 (L/h)$		- 1,35	- 1,60	- 2,00	- 2,67	
C <sub>1</sub>	ABC	$0,67 \operatorname{cosec} \alpha$	+ 1,50	+ 1,74	+ 2,12	+ 2,76	
	DE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	F	$-1,00 \operatorname{cosec} \beta$	- 1,41	- 1,56	- 1,80	- 2,24	
	G	$-0,67 \operatorname{ctg} \alpha$	- 1,34	- 1,61	- 2,01	- 2,68	
	A'B'C'	$0,33 \operatorname{cosec} \alpha$	+ 0,74	+ 0,86	+ 1,04	+ 1,36	
	D'E'F'	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	H'G'	$-0,33 \operatorname{ctg} \alpha$	- 0,66	- 0,79	- 1,00	- 1,32	
<p><b>5</b></p>	C <sub>L</sub>	AB	$0,25 \sec \alpha$	0,280	0,271	0,263	0,257
		C	$0,25 \sec \alpha \operatorname{tg} \alpha$	0,140	0,113	0,088	0,064
		DE	$0,25 \sec^3 \alpha$	0,314	0,294	0,277	0,264
		F	$(1-0,50 \sec^2 \alpha)$	0,372	0,412	0,446	0,472
	C <sub>P</sub>	A	$1,50 \operatorname{cosec} \alpha$	+ 3,36	+ 3,90	+ 4,74	+ 6,18
		B	$(0,50 \cos^2 \alpha) \operatorname{cosec} \alpha$	+ 2,89	+ 3,50	+ 4,43	+ 5,94
		C	$1,00 \cos \alpha$	+ 0,89	+ 0,92	+ 0,95	+ 0,97
		D	$-1,00 \cos^2 \alpha \operatorname{cosec} \beta$	- 0,64	- 1,19	- 1,51	- 2,01
		E	$-1,50 \operatorname{ctg} \alpha$	- 3,00	- 3,60	- 4,50	- 6,00
		F	$-0,50 (L/h)$	- 2,00	- 2,40	- 3,00	- 4,00
	C <sub>Q</sub>	AB	$1,00 \operatorname{cosec} \alpha$	+ 2,24	+ 2,60	+ 3,16	+ 4,12
		C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		DF	$-1,00 \operatorname{cosec} \beta$	- 1,25	- 1,41	- 1,67	- 2,14
		E	$-1,00 \operatorname{ctg} \alpha$	- 2,00	- 2,40	- 3,00	- 4,00
	C <sub>1</sub>	AB	$(1,00-0,25 \sec^2 \alpha) \operatorname{cosec} \alpha$	+ 1,54	+ 1,84	+ 2,29	+ 3,03
		D	$-1,00 \operatorname{cosec} 2 \alpha$	- 1,25	- 1,41	- 1,67	- 2,12
E		$-1 \operatorname{ctg} \alpha - 0,50 \operatorname{cosec} 2 \alpha$	- 1,38	- 1,70	- 2,17	- 2,94	
A'B'		$0,25 \operatorname{cosec} \alpha \sec^2 \alpha$	+ 0,70	+ 0,76	+ 0,83	+ 1,09	
C'C'D'		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
F'E'		$-0,50 \operatorname{cosec} 2 \alpha$	- 0,62	- 0,85	- 1,08	- 1,47	

Continuación

TIPO DE ARMADURA	COEF. DE	ELE- MEN- TO	FORMULA GENERAL	PENDIENTE					
				1/2	5/12	1/3	1/4		
<b>6</b> 	C <sub>L</sub>	ABA'B'	$L / (4 \cos \alpha)$	0.280	0.271	0.264	0.258		
		CC'	$L / (6 \cos \beta)$	0.300	0.267	0.236	0.208		
		DD'	$L / (12 \cos \beta)$	0.150	0.133	0.118	0.104		
		EE'	$L/3$	0.333	0.333	0.333	0.333		
	C <sub>P</sub>	AA'	$3 / (2 \sin \alpha)$	+3.354	+3.900	+4.743	+5.185		
		BB'	$5 / (4 \sin \alpha)$	+2.795	+3.250	+3.953	+5.154		
		CC'	$- L / (8 \cos \beta)$	-0.901	-0.960	-1.061	-1.250		
		DD'	$3 / (4 \sin \beta)$	+0.901	+0.960	+1.061	+1.250		
		EE'	$- 3L / (4 h)$	-3.000	-3.600	-4.500	-6.000		
		F	$- L / (2 h)$	-2.000	-2.400	-3.000	-4.000		
	C <sub>Q</sub>	AA'BB'	$1 / \sin \alpha$	+2.236	+2.600	+3.162	+4.123		
		CC'	$- 1 / \sin \beta$	-1.202	-1.281	-1.414	-1.667		
		DD'	0	0.000	0.000	0.000	0.000		
		EE'	$- L / (2h)$	-2.000	-2.400	-3.000	-4.000		
		F	$- L / (3h)$	-1.333	-1.600	-2.000	-2.667		
	C <sub>1</sub>	AB	$2 / (3 \sin \alpha)$	+1.491	+1.733	+2.108	+2.749		
		A'B'	$1 / (3 \sin \alpha)$	+0.745	+0.867	+1.054	+1.374		
		C	$- 1 / \sin \beta$	-1.202	-1.281	-1.414	-1.667		
		DD'C'	0	0.000	0.000	0.000	0.000		
		E	$- L / (3 h)$	-1.333	-1.600	-2.000	-2.667		
		FE'	$- L / (6 h)$	-0.667	-0.800	-1.000	-1.333		
<b>7</b> 	C <sub>L</sub>	ABC	$0.167 \sec \alpha$	0.167	0.181	0.176	0.172		
		D	$0.500 \operatorname{tg} \alpha$	0.250	0.208	0.167	0.125		
		E	$0.167 \sec \gamma$	0.301	0.267	0.236	0.209		
		F	$0.333 \operatorname{tg} \alpha$	0.167	0.139	0.111	0.083		
		G	$0.167 \sec \beta$	0.236	0.217	0.201	0.187		
		H	$0.167 \operatorname{tg} \alpha$	0.083	0.069	0.056	0.042		
		IJK	0.167	0.167	0.167	0.167			
			C <sub>P</sub>	AB	$2.50 \operatorname{cosec} \alpha$	+ 5.59	+ 6.50	+ 7.91	+10.30
				C	$(2.50 \operatorname{cosec} \alpha - \operatorname{ctg} \beta \sec \alpha)$	+ 4.47	+ 5.20	+ 6.33	+ 8.24
				D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
				E	$- 1.50 \operatorname{cosec} \gamma$	- 1.80	- 1.92	- 2.12	- 2.50
				F	1.50	+ 1.50	+ 1.50	+ 1.50	+ 1.50
				G	$- 1.00 \operatorname{cosec} \beta$	- 1.41	- 1.56	- 1.80	- 2.23
H	1.00			+ 1.00	+ 1.00	+ 1.00	+ 1.00		
I	$- 1.25 (L/h)$			- 5.00	- 6.00	- 7.50	-10.00		
J	$- 1.00 (L/h)$			- 4.00	- 4.80	- 6.00	- 8.00		
K	$- 0.75 (L/h)$			- 3.00	- 3.60	- 4.50	- 6.00		
	C <sub>Q</sub>	AB	$2.50 \operatorname{cosec} \alpha$	+ 5.59	+ 6.50	+ 7.91	+10.30		
		C	$(2.50 \operatorname{cosec} \alpha - \operatorname{ctg} \beta \sec \alpha)$	+ 4.47	+ 5.20	+ 6.33	+ 8.24		
		D	- 1.00	- 1.00	- 1.00	- 1.00			
		E	$- 1.50 \operatorname{cosec} \gamma$	- 1.80	- 1.92	- 2.12	- 2.50		
		F	0.50	+ 0.50	+ 0.50	+ 0.50	+ 0.50		
		G	$- 1.00 \operatorname{cosec} \beta$	- 1.41	- 1.56	- 1.80	- 2.23		
		H	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
		I	$- 1.25 (L/h)$	- 5.00	- 6.00	- 7.50	-10.00		
		J	$- 1.00 (L/h)$	- 4.00	- 4.80	- 6.00	- 8.00		
		K	$- 0.75 (L/h)$	- 3.00	- 3.60	- 4.50	- 6.00		
	C <sub>1</sub>	ABC	$0.50 \operatorname{cosec} \alpha$	+ 1.12	+ 1.30	+ 1.58	+ 2.06		
		D	- 1.00	- 1.00	- 1.00	- 1.00			
		IJK	$- 0.50 \operatorname{ctg} \alpha$	- 1.00	- 1.20	- 1.50	- 2.00		
		EFGH	0.00	0.00	0.00	0.00			

Continuacion

TIPO DE ARMADURA	COEF. DE	ELEM.	FORMULA GENERAL	PENDIENTE			
				1/2	5/12	1/3	1/4
	$C_L$	AB	$0.50 \sec \alpha$	0.559	0.542	0.527	0.521
		C	$0.50 \operatorname{tg} \alpha$	0.250	0.208	0.167	0.125
		D	$0.50 \sec \alpha$	0.559	0.542	0.527	0.521
		E	$1.00 \operatorname{tg} \alpha$	0.500	0.416	0.334	0.250
		FG	0.50	0.500	0.500	0.500	0.500
	$C_p$	AD	$0.50 \operatorname{cosec} \alpha$	+ 1.12	+ 1.30	+ 1.58	+ 2.06
		BC	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		E	0.50	+ 0.50	+ 0.50	+ 0.50	+ 0.50
		FG	$- 0.50 \operatorname{ctg} \alpha$	- 1.00	- 1.20	- 1.50	- 2.00
	$C_Q$ ó $C_1$	BE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		C	- 1.00	- 1.00	- 1.00	- 1.00	- 1.00
		AD	$0.50 \operatorname{cosec} \alpha$	+ 1.12	+ 1.30	+ 1.58	+ 2.06
		FG	$- 0.50 \operatorname{ctg} \alpha$	- 1.00	- 1.20	- 1.50	- 2.00

Longitud de Barras =  $C_L \times L$

Fuerzas Axiales debidas a:

P iguales a  $C_p \times P$

Q iguales a  $C_Q \times Q$

1 iguales a  $C_1$

(+) compresión

(-) tracción

### 3.3. Bases legales

En torno al marco legal relacionado con el uso de madera para elaboración de encofrados utilizados en construcciones, es importante señalar aquel marco legal que se considere de importancia para incluso la explotación de la materia prima estudiada en el presente estudio. Se trata entonces de la normativa legal que avala la explotación de recursos forestales como es la madera.

Ahora bien, la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, aprobada y publicada en gaceta oficial el 30 de diciembre de 1999 fecha en la cual entra en vigencia constituye la norma venezolana de derecho público interno de mayor jerarquía que rige nuestro comportamiento en sociedad y por encima de ella no existe una norma superior, salvo la ley de Dios.

Resulta novedoso en la Constitución la definición de unos Derechos Ambientales de los ciudadanos, contenidos en sus artículos 127 al 129 y en los cuales se establece la obligación conjunta de Estado y Sociedad para proteger y conservar el ambiente, garantizar nuestro desarrollo sustentable, la necesidad de ordenar el territorio y la obligatoriedad del Estudio de Impacto Ambiental y Socio-cultural para toda actividad susceptible de dañar los ecosistemas. Pues bien, esta ley de leyes, al referirse a los bienes jurídicos ambientales en su preámbulo, al ambiente y lo ambiental en sus diversos artículos (15, 107, 112, 127, 129, 156, 178, 184, 299, y 326), a riquezas o recursos naturales en los artículos 113, 120, 156, y 302, a diversidad biológica en el artículo 127, a seres o especies vivas en el artículo 127 y a ecosistemas en el artículo 129; necesariamente también está haciendo mención al recurso forestal, recurso natural vivo.

Lo anterior, enfocado a seguir los parámetros de Ley para extraer la madera de los boques. Ahora bien, La misma Constitución cita expresamente al Recurso Forestal en dos de sus artículos, cuando se refiere al ente dentro de la Administración Pública que se ha de encargar de su gestión y manejo sustentable en beneficio del país, y es así como su artículo 156, numerales 16 y 25 le asigna al Poder Público Nacional la competencia en conservación, fomento y aprovechamiento de los bosques y la política nacional para la producción forestal, respectivamente, y en el artículo 183 se establece que los estados y municipios sólo podrán gravar la actividad forestal en la oportunidad, forma y medida que lo permita la ley nacional.

De esta manera la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela establece normas o lineamientos para regular la materia forestal, en forma amplia y en forma específica. En forma amplia, cuando emplea los diferentes términos que denotan el recurso natural forestal, y en forma específica, cuando le asigna al Poder Público Nacional la competencia legal para establecer la política nacional en materia forestal y para regular su conservación, fomento y aprovechamiento, de donde deriva que el Decreto 3.125, en su artículo 18, numeral 8, asigne la competencia forestal al Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, en tanto que al Poder Estatal y Municipal sólo le permite crear impuestos municipales sobre la actividad de aprovechamiento forestal dentro de su jurisdicción territorial cuando la normativa nacional así lo autorice; aun cuando por disposición de la propia Constitución (Artículo 157) es posible transferir competencias nacionales a los estados y los municipios, en forma absoluta o en forma concurrente, y es la Ley de Descentralización, Desconcentración y Transferencia de Competencias del Poder Público la que hace posible estas transferencias desde las instancias superiores a las instancias de menor jerarquía dentro del poder público.

Asimismo, Código Civil de Venezuela (1982), texto legal reformado por última vez en el año 1982 el cual compila normas que regulan aspectos diversos relacionados con las personas, en el Libro Segundo, Título Tercero, Capítulo II, intitulado De las limitaciones legales a la propiedad predial y de las servidumbres prediales, están redactados varios artículos que hacen referencia directa a bosques y árboles, ellos son: Artículo 645, establece que la conservación de los bosques es una limitación legal de la propiedad predial

. Artículo 657, el cual prohíbe talar ni quemar bosques en las cabeceras de ríos y vertientes, sin cumplir con las normas legales, y además da a los afectados-propietarios el derecho de oponerse a los desmontes en esas zonas, y en estos casos puede exigir u obligar a replantar el bosque, es decir exigir la reforestación del área.

Artículos 698 y 699, establecen que los árboles que sirven como linderos, sea sólo o como parte de una cerca, no pueden cortarse sino de común acuerdo, y si están en o son un seto medianero, estos son árboles comunes.

Por otro lado, se puede mencionar la Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio (1983) Siete (7) títulos, divididos en capítulos, con un total de setenta y ocho (78) artículos conforman esta ley, vigente desde 1983. El artículo 15 indica las áreas bajo régimen de administración especial determinadas en Venezuela, entre ellas aquellas ocupadas por vegetación, tales como los Parques Nacionales, las Reservas Forestales y Zonas Protectoras; y el artículo 16, numeral 8, establece que también se consideran áreas bajo régimen de administración especial (ABRAE), con vocación forestal, a las áreas boscosas bajo protección. Para garantizar la ordenación del territorio se crea una comisión nacional en cuya conformación debe estar presente un representante del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), de acuerdo con el contenido del artículo 20.

Los planes de las áreas bajo régimen de administración especial (Art. 32) referidos a las reservas forestales, parques nacionales, zonas protectoras, lotes boscosos y áreas boscosas bajo protección, deben ser elaborados por los entes competentes, en este caso el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales por intermedio de su Dirección General de Bosques (Literal m del artículo 46) e Inparques.

Ley Orgánica del Ambiente (1976) Ley Nacional vigente, pero en proceso de estudio para ser modificada, conformada por treinta y siete (37) artículos organizados en siete (07) capítulos. Esta ley concuerda con el contenido de la Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio y el Plan Nacional para la Ordenación del Territorio, en la intención que manifiesta el legislador al considerar que es necesario señalar las

áreas bajo régimen de administración especial, necesarias para la conservación del recurso forestal, y sirve de base para el señalamiento y tipificación de los delitos ambientales previstos en la Ley Penal del Ambiente. En resumen, la actividad forestal en el país debe estar legalmente enmarcada dentro de la actividad ambiental, para que sea viable, y requiere siempre el permiso del órgano competente para su explotación y/o aprovechamiento dondequiera que se realice dentro del territorio venezolano.

A continuación se reseña lo referente a un decreto denominado Decreto N° 2.117. Reglamento de la Ley Forestal, de Suelos y de Aguas (1977). Texto legal, vigente desde 1977, compuesto por doscientos doce (212) artículos, ordenados en capítulos dentro de doce (12) títulos. En su Título VI De los Aprovechamientos Forestales: Artículos 85 al 98.

Establece los diámetros mínimos de cortabilidad de las especies forestales, diferentes según que las maderas sean duras, blandas o finas, como una medida técnica adoptada por el MARN para racionalizar este aprovechamiento. El ministerio del ambiente, mediante resolución, determinará los frutos de las especies forestales en terrenos baldíos, que podrán ser aprovechados libremente; en consecuencia, los interesados podrán hacerlo sin derribar o perjudicar los árboles, notificando al ente competente la fecha prevista para hacerlo. Si este aprovechamiento es en terrenos ejidos o privados, el MARN hará la autorización a la municipalidad o al propietario, respectivamente. Los árboles productores de látex, resinas, aceites, frutos oleaginosos, cortezas aromáticas, raíces medicinales, etc., cuyo valor comercial es mayor que la madera, no pueden ser explotados con fines maderables, salvo aprobación justificada por parte del MARN.

Título VII De la Movilización y Circulación de Productos Forestales: Este título trata sobre los elementos legales que amparan la procedencia y movilización de los productos forestales en el territorio nacional. En principio, el Martillo Forestal es un

bien nacional, el cual troquelado sobre el producto forestal garantizaría que su procedencia u origen está legalmente autorizado por el órgano competente, y se aplica tanto a la madera en pie antes de su explotación, como a la madera en rolas luego de haber sido explotada. La Guía de Circulación es un documento legal, la cual explotación, como a la madera en rolas luego de haber sido explotada. La Guía de Circulación es un documento legal, la cual acompañando al producto forestal, en principio justifica que el mismo puede ser movilizado dentro del territorio nacional por provenir de una explotación permitida legalmente.

Las autoridades de control exigirán, verificarán y sellarán las guías de movilización de productos forestales en cada alcabala o punto de control por donde circule el producto, y en caso de ausencia del martillo o de falta de correspondencia entre los datos de la guía y el producto movilizado, las autoridades deben detener la circulación y retener preventivamente el producto, transporte y conductor si fuese el caso; para investigar la legalidad o no del producto en su origen y en su movilización.

La Resolución MARN N° 53: permiso para Tumba, Roleo y Aserrío a Pie de Tocón (2000): conformada por Once (11) artículos regulan la explotación de productos forestales dentro de fincas productoras y plantaciones de café y cacao en la parte suroeste de la región ambiental Los Andes, para disminuir daños a suelos y vegetación y costos a los productores. El artículo 1 establece que la tumba, roleo y aserrío a pie de tocón puede hacerse como práctica agrícola o fitosanitaria si la finca está en producción, y también puede hacerse en fincas productoras si son de vocación agrícola y las pendientes están entre 0 y 15 %, si el volumen a aprovechar es mínimo y no compensa gastos mayores, y si los terrenos no son zonas protectoras aun cuando haya cultivos en ellos.

El procedimiento es el siguiente: formulada la solicitud, al hacerse la inspección por parte del Ministerio se aplicará el martillo en el tocón y a la altura de pecho de cada árbol, para su tumba. Tumbados y cortados en rolas los árboles, se elabora el respectivo inventario y se entrega al Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, quien autoriza para el aserrío al pie de tocón y entrega las guías para movilización del volumen presentado en el inventario. Aserradas las rolas, se llevan al patio de la finca donde se martillan ambos extremos de todas las piezas obtenidas y se solicitan las guías de canje para el volumen de madera aserrada. Sólo se dará una autorización por fundo, con vigencia de un año, y la violación del mismo implica el comiso de los productos explotados ilegalmente como los explotados en función de la autorización emitida. No pueden construirse vías para extraer la madera del fundo sino que deben ser usadas las ya previamente existentes.

#### **3.4. Definición de términos básicos**

**Columna:** Elemento estructural utilizado principalmente para soportar la carga axial de compresión acompañada o no de momentos flectores, y que tiene una altura de por lo menos 3 veces su menor dimensión lateral.

**Aislamiento acústico:** Se refiere al conjunto de materiales, técnicas y tecnologías desarrolladas para aislar o atenuar el nivel sonoro en un determinado espacio

**Esfuerzos:** son todas aquellas fuerzas internas a las estructuras que contrarrestan las acciones exteriores a que están sometidas dichas estructuras.

**Encofrado:** Estructura temporal o molde para dar forma y soportar el concreto mientras se endurece y alcanza la superficie resistente como para soportar las cargas de construcción.

**Estructura:** Conjunto de elementos cuya función es resistir y transmitir las acciones a suelo a través de las fundaciones.

**Obra:** Producto final del proceso de construcción que tiene como propósito satisfacer necesidades del ser humano.

**Viga:** Miembro estructural utilizado principalmente para resistir momento de flexión, momento de torsión y fuerza cortante.

**Edificación:** Construcción cuya función principal es alojar personas, animales o cosas.

## **CAPÍTULO IV**

### **METODOLOGÍA DE TRABAJO**

El marco metodológico define el proceso a través del cual el investigador plantea la estrategia utilizada en el estudio, como forma de abordar el problema de la investigación, que se traduce en un procedimiento organizado y permite identificar los pasos que se ejecutaron para fundamentar la investigación.

Según Hernández, R (2003) “el marco metodológico está referido al momento que alude al proceso de investigación, con el objeto de ponerlos de manifiesto y sistematizarlos; a propósito de permitir descubrir y analizar los supuestos del estudio y de reconstruir los datos, a partir de los conceptos teóricos convencionalmente operacionalizados”. (p.72).

Luego de plasmar las preguntas de la investigación, el aspecto metodológico viene determinado por el objetivo general y los objetivos específicos, además de los aspectos a través de los cuales se guiaron los procedimientos para dar el tratamiento de la información y así lograr dar respuestas a las interrogantes que darán respuestas a dichos objetivos.

#### **4.1. Diseño de investigación**

La investigación estuvo apoyada en un diseño documental y de campo, por cuanto estos diseños de investigación permiten no solo observar, sino también participar mediante ensayos para recolectar los datos directamente del lugar para posteriormente analizar e interpretar los resultados de dicha investigación, cortejarlo en libros, documentos, entre otros.

Para Alexis Pérez (2004), “la investigación de campo, el investigador recoge la información directa de la realidad. Está referida en fuentes primarias, y los

datos se obtienen a través de la aplicación de técnicas de recolección de datos...” (p. 19).

Según el autor (Fidias G. Arias (2012), define: la investigación documental es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas, como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos (p. 25).

#### **4.2. Población de la investigación**

Arias (2006) sostiene que la población “es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta, queda delimitada por el problema y por los objetivos de la investigación” (p.81).

La población en estudio en nuestro tema de investigación se encuentra constituida por todas las edificaciones, construidas por la antigua Maning Company, a ser utilizadas como campamento principal durante los inicios de la explotación de hierro ubicado en escuela de Ciencias de la tierra universidad de Oriente, núcleo Bolívar, Ciudad Bolívar

#### **4.3. Muestra de la investigación**

Según Morlés (1994), La muestra es un "subconjunto representativo de un universo o población" (p.54).

Como muestra representativa se seleccionó el techo del módulo de cerámica ubicado en la escuela de Ciencias de la tierra, universidad de Oriente, Bolívar Ciudad Bolívar

#### **4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Según Arias F. (1999), “Las técnicas de recolección de datos son las distintas formas o maneras de obtener la información, mientras que los instrumentos son los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información” (p.25).

#### **4.5. Revisión documental**

Latorre, Rincón y Arnal (2003), definen “la revisión documental como el proceso dinámico que consiste esencialmente en la recogida, clasificación, recuperación y distribución de la información” (p. 58)

A través de esta técnica se podrá obtener información de importancia sobre las características y funcionamiento del objeto de estudio así como también las leyes ambientales que lo involucran, consultando distintas referencias bibliográficas. Estas revisiones se centraran en las consultas a textos, manuales, planos y tesis que puedan aportar información relevante a la presente investigación.

#### **4.6. Observación directa**

Según Tamayo (1999), “La observación directa: Es la utilización de los sentidos para la percepción de hechos o fenómenos que nos rodean o son de interés del investigador” (p.219).

Se utiliza esta técnica para identificar los elementos que integran al techo del módulo de cerámica.

#### **4.7. Consultas académicas**

Las consultas académicas se realizarán con personas que tengan experiencia en la materia como el tutor académico Prof. Rogelio Pérez, con el fin de obtener orientación sobre los pasos a seguir para abordar el problema y aclarar dudas referentes a todo el desarrollo del trabajo de investigación.

## Capítulo V

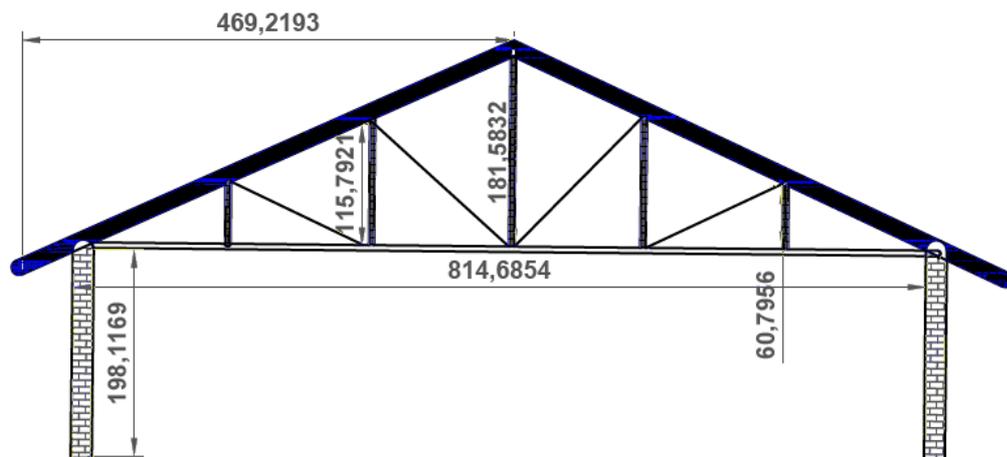
### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

#### 5.1. Caracterización de la estructura del módulo de cerámica

De largo posee 26m, de los cuales 4 corresponden a un anexo que no entra en la cercha a evaluar.

De ancho posee 16m, corresponden al módulo 8,25 y el resto a un anexo lateral destinado a oficinas.

Tiene columnas de concreto armado de 20x20 por cada 2 m para un total de 11 columnas de cada lado. El modulo cuenta con una cercha de madera ubicadas cada 2m .Que cuentan con pernos de 28mm de diámetro y 20 cm de largo, también con correas ubicadas cada 0,47M. Estas cerchas también cuentan con arrostramiento cada 2m con dimensiones:



Todas las  
distancias estan  
expresadas en CM

Figura 5. Plano de dimensiones del techo y columnas del módulo.

La armadura esta echa de madera, en las cueles en el cordón superior e inferior, correas, está cubierta por láminas de asbesto cemento de 5mm de espesor

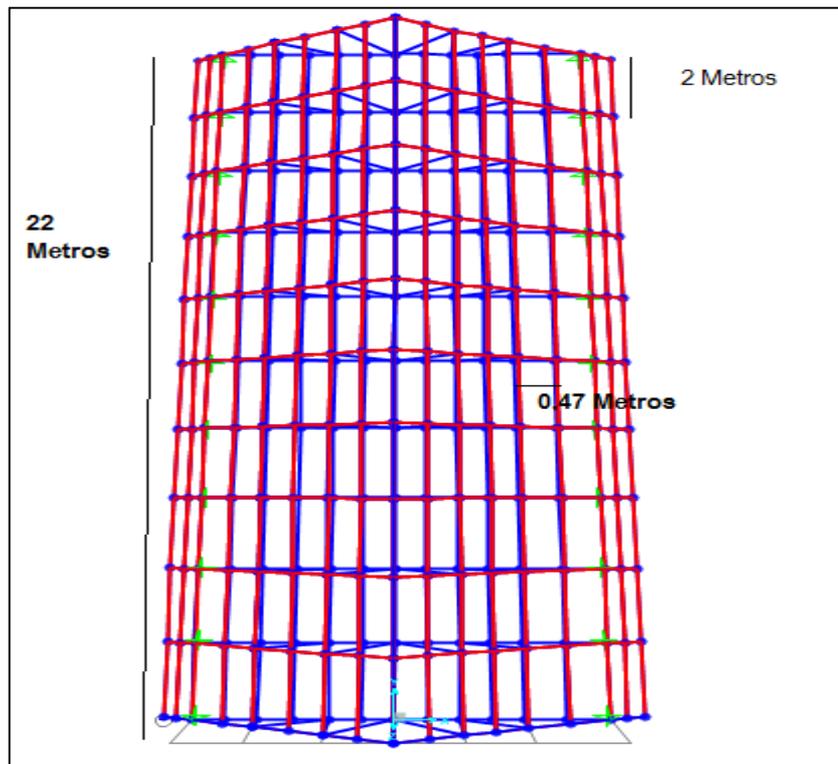


Figura 5.2. Vista desde planta de el modulo.

La armadura cuenta con perfiles de madera de 5,3x18cm que en el caso del cordón superior e inferior cuenta con doble elemento, mientras que en las diagonales no.

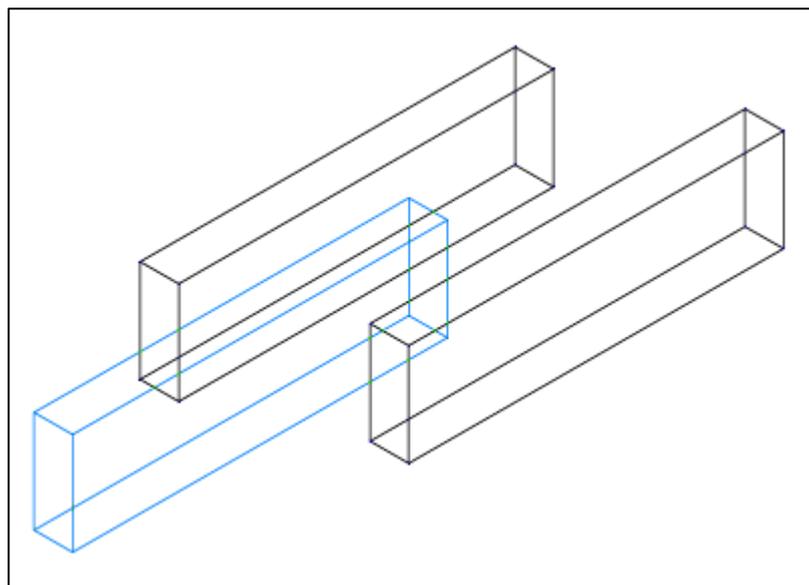


Figura 5.3. Perfiles de madera

## **5.2. La madera estructural en Venezuela**

A continuación se presentan las características de las maderas utilizadas en la construcción de edificaciones en Venezuela.

### **5.2.1. Especies de madera conocidas en Venezuela**

#### **Pino Caribe**

*Pinus caribaea* Morelet, conocido comúnmente como pino caribeño o como Caribbean pine (en inglés), es el único pino tropical que crece de manera natural en bajas elevaciones. Es un árbol majestuoso y alto que crece rápidamente y produce una madera resinosa útil para la producción de madera para embalaje y productos de papel. El pino caribeño se cultiva extensamente en plantaciones a través de los Trópicos húmedos.

#### **Mureillo**

Llamada también aurora rosada. Madera semi-dura de fibra regularmente compacta. Viene aserrada en variables dimensiones. Se utiliza para costillas, carreras, codales y otros, no se recomienda utilizarla en tablas, ya que se dificulta el clavado y tiende a rajarse y alabearse fácilmente.

#### **Mijao**

Madera basta, de fibra plástica y esponjosa, muy repelosa, que tiende a deformarse fácilmente y producir alabeos. Se recomienda únicamente en aquellos trabajos toscos y que su empleo sea para una sola vez. Es de inferior calidad que la Ceiba. Viene aserrada en 3 cm. de grueso, varios anchos y largos. No reúne las condiciones necesarias. Se utiliza por su bajo costo.

## **Algarrobo**

Una de las principales cualidades de la madera del algarrobo es su durabilidad natural sin la utilización de inmunizantes. Por esta razón es muy resistente a las inclemencias del clima, como la humedad y los ataques de hongos e insectos. En cuanto a su secado, se recomienda hacerlo en hornos industriales, debido a que si se realiza al aire libre, puede agrietarse.

En cuanto a su manejo, es moderadamente difícil ya que es una madera muy densa, no obstante con cuchillas bien afiladas o sierras estelitadas se pueden obtener buenos resultados. También se deja doblar al vapor. Durante el proceso de inmunización la albura tiene muy buena absorción y retención, mientras que el duramen no permite una buena penetración. Es una madera apta para ser utilizada en otros usos tales como construcciones civiles, vigas y durmientes para ferrocarril, piezas curvadas al vapor y mucho más.

## **Cedro**

Árbol de 20 m a 40 m de altura, de sistema radical profundo. Se reproduce por semilla, tiene larga longevidad y es de crecimiento mediano. En Venezuela existen tres tipos de cedros: amarillo, amargo y negro. Se distribuye en los estados de Aragua, Barinas, Bolívar, Carabobo, Cojedes, Delta Amacuro, Distrito Capital, Falcón, Mérida, Miranda, Monagas, Táchira, Yaracuy y Zulia (Stormes, 2002). Según Ninin (1987) la densidad seca al aire (psa) es de 0,460 g/cm<sup>3</sup>. Y en cuanto a fines de preservación, su albura tratada por presión o inmersión, tiene una penetración incompleta y retención de 50 a 10 kg/ m<sup>3</sup>, pero el duramen no es posible tratar

El cedro (*Cedrela odorata*) es la especie más usada tanto en la armadura de cubiertas, soleras, pares y moldura de falso techo, con clavos como elementos de sujeción y sobre todo en la carpintería de las fachadas, que se caracteriza por su

grano predominantemente recto y duramen duro, aunque pertenece a una categoría baja.

### **Saqui-Saqui**

El saqui-saqui, es una madera con albura de color amarillo y duramen rojo amarillento. Olor y sabor indistintos Lustre mediano. Textura mediana. Grano recto a inclinado. Blanda y liviana. En Venezuela ha sido reportada en Amazonas, Anzoátegui, Aragua, Barinas, Bolívar, Carabobo, Cojedes, Falcón, Guárico, Miranda, Yaracuy y Zulia.

Es la madera de menor densidad, 430 kg/m<sup>3</sup>, utilizada en los andamios por su resistencia al ataque de xilófagos y uso exterior, cuyas cabezas de travesaños permanecen empotradas en las hiladas de la mampostería de las fachadas.

Sin embargo de estos tipos de madera, se encuentran en el listado de especies de árboles vedadas o con normas sobre aprovechamiento especial cuatro de ellas; el cedro, caoba, pardillo y Saqui-Saqui, debido a la gran demanda y desencadenada explotación sin reforestación, según el Ministerio del Poder popular para el Ambiente.

### **Divi-Divi**

Esta madera es de albura de color amarillo pálido y duramen marrón oscuro a negruzco, transición abrupta entre albura y duramen. Olor y sabor indistintos. Lustre mediano a alto. Grano entrecruzado. Textura fina. Madera muy dura y pesada. Tiene una alta densidad, 1.140 g/m<sup>3</sup>, por lo tanto clasificable en el grupo V como madera altamente resistente. Muy común en el estado del Zulia.

El Divi-Divi (*Caesalpinia coriaria*) es la madera más común en el Zulia, con una alta densidad de 1.140 kg/ m<sup>3</sup>, de porosidad carente de un patrón específico de disposición de poros, de grano entrecruzado, muy dura y resistente que se ha usado en los nudillos de las armaduras y en aleros, sometidos además estos últimos a la intemperie.

### **Araguaney**

Madera con albura de color amarillo y duramen marrón amarillento, transición abrupta entre albura y duramen. Olor y sabor ausente. Lustre alto. Textura fina. Grano recto a entrecruzado. En Venezuela no hay información de referencia sobre la densidad, se ha considerado 0,65 gr/m<sup>3</sup> y se puede considerar medianamente resistente.

El Araganey (*Tabebuia chrysantha*) o Curarire (*tabebuia serratifolia*) es también una madera común en esta zona, que presenta poros sin patrón específico de disposición, muy resistente y utilizada en elementos sometidos a compresión, horcones y soleras.

### **Apamate o Roble**

El apamate es una de las especies de *Tabebuia* de mayor distribución en el país. Es un árbol nativo en los estados de Anzoátegui, Apure, Barinas, Falcón, Guárico, Miranda, Monagas, Portuguesa, Táchira, Yaracuy y Zulia, en zonas de vida de bosque húmedo tropical, bosque seco tropical y bosque húmedo premontano. Sin embargo, se puede decir que se encuentra en toda la geografía nacional al haberse introducido como árbol ornamental. Tiene una densidad seca al aire de 0,63 gr/cm<sup>3</sup> por lo que le considera una madera medianamente resistente.

El Apamate (*Tabebuia rosea*) es una madera de categoría media, de 630 kg/m<sup>3</sup> de densidad, que se ha utilizado en las rejas, específicamente en los barrotes, por su grano predominantemente recto y porosidad que se distribuye de forma irregular, buena resistencia a flexión y a la intemperie, aunque tradicionalmente se protegía con pintura.

### **5.2.2. Clasificación de la madera en Venezuela según el manual de diseño para maderas del grupo andino.**

De acuerdo al manual de diseño para maderas del grupo andino, sus usos según sus densidades se clasifican en los siguientes grupos:

#### A. Madera dura o pesada.

Comprende a las maderas pesadas y muy pesadas con densidades entre  $0.8 \text{ gr/cm}^3$  y  $.12 \text{ gr/cm}^3$  al 15 por ciento de contenido de humedad.

Durabilidad natural alta.

No necesitan tratamiento preservador

#### B. Madera medianamente dura.

Incluye a las medianas o medianamente pesadas.

Densidad entre  $0.72$  a  $0.88 \text{ gr/cm}^3$ .

Algunas se pueden considerar maderas pesadas pero su durabilidad natural no es muy alta en condiciones tropicales, por lo tanto se recomienda usarlas con tratamiento preservador.

#### C. Maderas blandas.

Consideradas así a las especies relativamente poco densas o livianas comprendidas entre densidades de  $0.4 \text{ gr/cm}^3$  a  $0.72 \text{ gr/cm}^3$  al 15 por ciento de contenido de humedad.

Son maderas denominadas de utilidad general, pues pueden ser utilizadas también como madera de carpintería, mueblería, decorativas, etc.

No son muy durables en climas tropicales, pero tratadas convenientemente pueden usarse en construcción con éxito.

Tabla 5.1 Densidades de las especies venezolanas según el manual de diseño para maderas del grupo andino.

Nombre científico	Nombre común	Densidad básica
Anacardium excelsum	Mijao	0.35
Bombacopsis quinata	Saqui-Saqui	0.39
Brosimum Alicastrum	Charo amarillo	0.65
Carapa guianensis	Carapa	0.55
Catostemma commune	Baraman	0.50
Copaifera pubiflora	Aceite cabimo	0.56
Didmopaxa morototoni	Sun Sun	0.36
Erisma Uncinatum	Mureillo	0.47
Hieronyma laxiflora	Carne asada	0.55
Hymenea courbaril	Alagarrobo	0.77
Mora gonggrijpii	Mora	0.78
Mouriri barinensis	Perbuetamo	0.78
Peltogyne porphyrocardia	Zapatero	0.89
Pithecellobium saman	Saman	0.49
Pouteria anibifolia	Chupon rosado	0.66
Petrocarpus vernalis	Sangre de drago	0.57
Tabebuia rosea	Apamate	0.54
Terminalia amazonia	Pardillo amarillo	0.65
Terminalia guianensis	Guayabaon	0.64
Virola sebifera	Virola	0.37

### 5.3. Determinar el tipo de madera con la que está construida el techo.

Para lograr este objetivo tomamos una muestra de madera del techo, acudimos a consultar con expertos en maderera Orinoco los cuales nos explicaron que debido al tiempo que tiene la estructura y el calor del ambiente de nuestra ciudad hace que esto actúe como un horno y esto ocasiona que la madera se deshidrate paulatinamente, pero de acuerdo a las características que presenta la muestra indican que se trata de Mureillo una especie de madera nativa del estado Bolívar.

Luego de obtener las opiniones de los expertos de la maderera Orinoco, decidimos buscar otras opiniones de expertos de la ciudad, nos dirigimos al

aserradero, ubicado en la calle la piscina de ciudad bolívar donde los expertos llegaron a la conclusión de que esta madera se trata de pino caribe.



Figura 5.4 Muestra de Madera extraída del techo

De acuerdo a investigaciones realizadas para la década del 50 la madera de pino caribe no era tan popular como lo es en la actualidad, ya que luego en Venezuela fueron plantados millones de pinos caribe entre los estados Anzoátegui y Monagas, creando así el bosque más grande del mundo hecho por el hombre.

Siendo esto parte de nuestra investigación llegamos a la conclusión que la madera del techo es mureillo la cual es una madera propia del estado bolívar.

#### 5.4. Análisis estructural

El mureillo se encuentra en el grupo de las maderas blandas pero de igual manera esta dentro del grupo de maderas estructurales de Venezuela, que cuenta con las siguientes propiedades estructurales:

- ❖ Esfuerzo flexión  $550.000 \text{ kg/m}^2$

- ❖ Módulo de elasticidad  $900 \times 10^6 \text{ kg/m}^2$
- ❖ Compresión paralela a la fibra  $550.000 \text{ kg/m}^2$
- ❖ Compresión perpendicular a la fibra  $350.000 \text{ kg/m}^2$
- ❖ Esfuerzo cortante  $80.000 \text{ kg/m}^2$
- ❖ Peso propio  $10.000 \text{ kg/m}^2$
- ❖ Densidad de  $470 \text{ kg/m}^3$

Con las características principales del techo utilizamos el programa Sap2000 V-19.2.0, para realizar el análisis estructural.

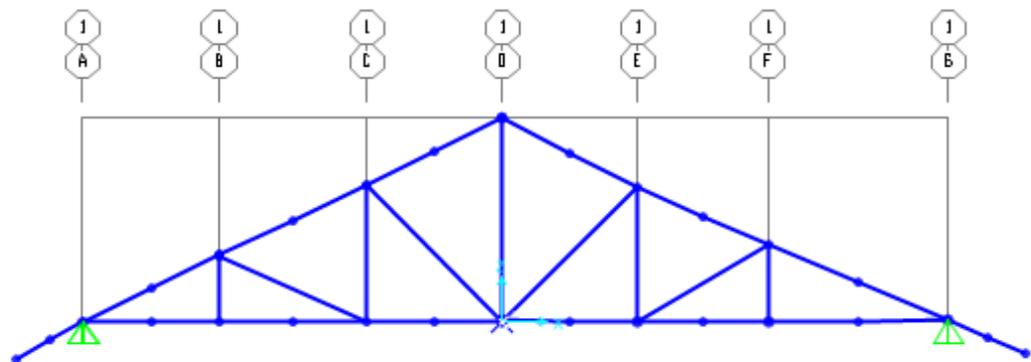


Figura 5.5 Plano de la Armadura Sap2000 V-19.2.0

De esta manera se planteó la armadura del techo tal como se muestra en la Figura 11, se le valoraron las cargas:

Muerta con un peso de  $13 \text{ kg/m}^2$  ya que el techo está compuesto por una lámina de 5 mm de espesor de material asbesto cemento al cual corresponde ese peso

Viva con 60 kg.

Viento donde se consideró barlovento y sotavento.

Se cargó el material con las siguientes características tal y como se muestra en la figura 15.

**Material Property Data**

**General Data**

Material Name and Display Color: madera

Material Type: Other

Material Notes:

**Weight and Mass**

Weight per Unit Volume: 470,

Mass per Unit Volume: 47,9267

**Units**

Units: Kgf, m, C

**Isotropic Property Data**

Modulus of Elasticity, E: 9,000E+08

Poisson, U: 0,4

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0,

Shear Modulus, G: 3,214E+08

Switch To Advanced Property Display

Figura 5.6. Madera en Sap2000 V 19.2.0

De acuerdo el programa SAP2000 V19.20 La estructura cumple como se muestra en la figuraN13, donde de acuerdo a los colores la estructura es estable y comple,pero sin embargo hay elementos que están sometidos a muchas cargas.

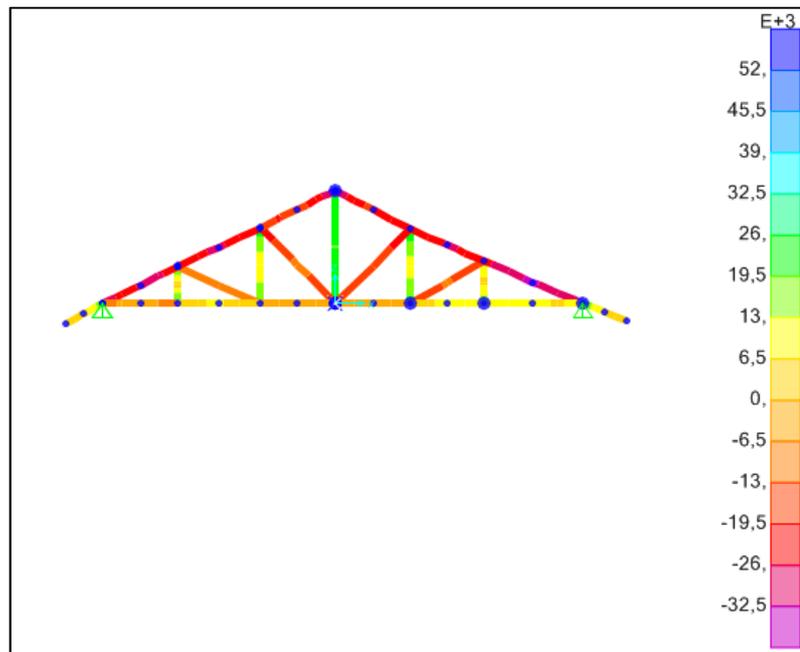


Figura 5.7 Sap200 verificación

Para verificar si la estructura cumple utilizaremos el método planteado por el manual de diseño para maderas del grupo andino, donde verificaremos tracción, compresión y flexo-compresión

Para verificar la tracción utilizaremos la siguiente formula:

$$N = Ft \times A$$

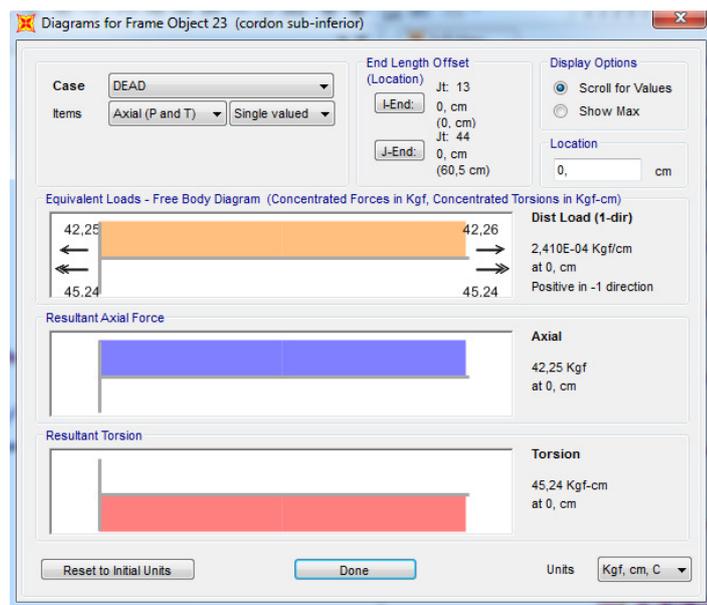


Figura 5.8..Elemento a tracción

Dónde:

$$F_t = 75 \text{ Kg/Cm}^2$$

$$A = 190,8 \text{ cm}^2$$

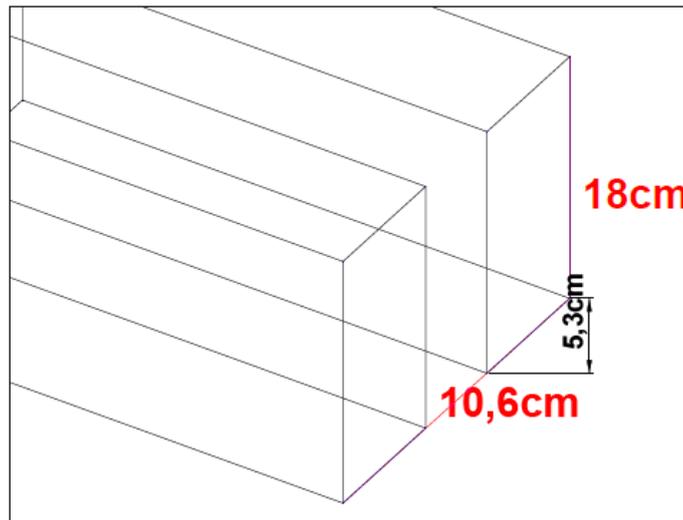


Figura 5.9 Dimensionado de perfiles.

De acuerdo a las cuales se obtienen las dimensiones que se encuentran en la tabla 5.2  
Tabla 5.2 escuadrias de escuadria

		DIMENSIONES REALES B x H	AREA cm2	EJE X	
			cm <sup>2</sup>	Ix cm <sup>4</sup>	Zx cm <sup>3</sup>
	CORDON SUPERIOR	2 X 5,3 cm X 18 cm	190,8	5151,6	572,4
	CORDON INFERIOR	2 X 5,3 cm X 18 cm	190,8	5151,6	572,4
	DIAGONALES	5,3 cm x 18 cm	95,4	2575,8	286,2

Resultado

$$N = 75 \text{ Kg/Cm}^2 \times 190,8 \text{ cm}^2 \text{Kg} > 42,25 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

Para elementos a compresión

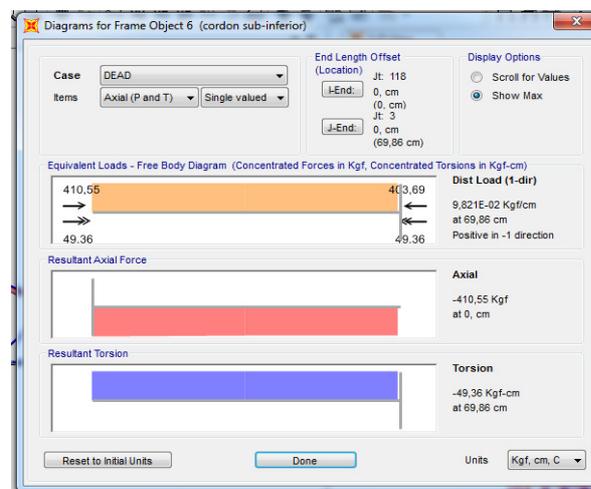


Figura 5.10. Elemnto a compresión

$$N_{adm} = \frac{0,329 \times E_{min} \times A}{\lambda^2}$$

Para una longitud efectiva del elemento será igual a  $0,8 \times (0,60\text{m})$

$$L_{ef} = 0,55\text{m}$$

$$\lambda = 55\text{cm}/4 = 13,75 < CK = 18,42$$

$$N_{adm} = \frac{0,329 \times 55000 \times 190,5}{13,75^2} = 18232,58\text{kg} > 401,55\text{kg} \quad \text{OK}$$

Para elementos a flexo- compresión se utiliza la siguiente formula:

Debe cumplirse la siguiente expresión

$$\frac{N}{N_{adm}} + \frac{K M M}{Z F m} \leq 1$$

$$N_{adm} = \frac{0,329 \times E_{min} \times A}{\lambda^2}$$

Donde:

$$E_{min}: 55000 \text{ Kg/Cm}^2 \quad \lambda = 20$$

$$A=190,5 \text{ cm}^2$$

Cargas a Flexo-compresión:

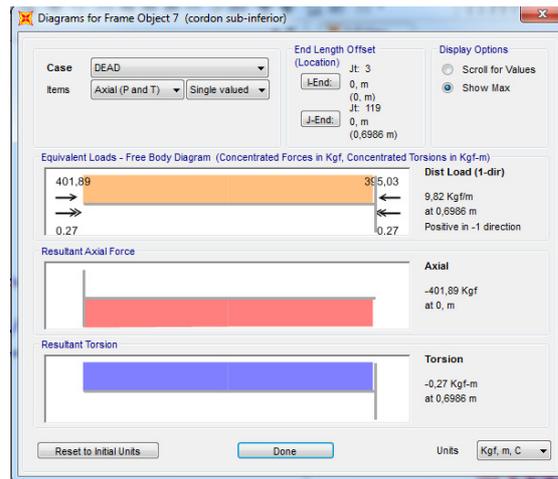


Figura 5.11 Elemento a flexo-compresión

Cargas concentradas Eq

Techos inclinados  $50 \text{ Kg}/\text{m}^2$

Proyección del plano H  $14,5 \text{ Kg}/\text{m}^2$

$$W_p = (50 + 14,5 + 10) \times 0,90$$

$$W_p = 67,05 \text{ kg/m}$$

$$P = W_p (L/4)$$

$$P = 138,3 \text{ Kg}/\text{m}^2$$

$$Q = W_p \times \left(\frac{L}{3}\right)$$

$$Q = 4,5 \times \left(\frac{8,25}{3}\right)$$

$$Q = 12,75 \text{ kg}$$

Longitud efectiva:

$$L_{ef} = 0,4 (\ell_1 + \ell_2)$$

$$L_{ef} = 0,4 (2,4 + 2,4)$$

$$L_{ef} = 1,92 \text{ m} \rightarrow 192 \text{ cm}$$

$$M = \frac{W L^2}{10} = \frac{67,05 \times 1,92^2}{10} = 24,7 \text{ Kg} \times m \rightarrow 2470 \text{ Kg} \times cm$$

$$N_{adm} = \frac{0,329 \times 55000 \times 190,5}{20^2} = 4315,66$$

$$N_{ci} = \frac{\pi \times E_{min} \times I}{l_{ef}^2} = \frac{\pi \times 55000 \times 5151,6}{192^2} = 3423,02 \text{ kg}$$

$$K_m = \frac{1}{1 - \left(\frac{1}{5}\right) \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \left(\frac{1}{5}\right) \times \left(\frac{401}{3423,02}\right)} = 1,02$$

$$\frac{401}{4315,46} + \frac{1,1 \times 2470}{730,34 \times 100} = 0,13 \leq 1 \quad \text{OK}$$

De acuerdo al análisis estructural la estructura cumple.

### 5.5. Características actuales del techo

De acuerdo a las evaluaciones al techo notamos que debido a la falta de mantenimiento de las instalaciones el techo presenta un deterioro en algunas vigas y parte de la armadura, presentan grietas en algunas partes siendo esta una de las características más visibles aunque también se puede apreciar partes podridas debido a la falta de mantenimiento.

La cubierta de asbesto cemento también presenta deterioro al igual que los pernos los cuales en su mayoría están oxidados.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

1. Mediante la visita al módulo nos encontramos con que es un techo de dos aguas cubierta por láminas de asbesto cemento de 5mm de espesor, que reposan sobre correas de dimensiones  $5,3 \times 18$  cm las cuales descansan sobre cerchas triangulares tipo Howe con cordones dobles superior e inferior.
2. De acuerdo a la investigación Venezuela cuenta con muchas especies de madera útiles para la construcción, siendo Venezuela un país donde no ocurren con frecuencia desastres naturales este debería ser un material más implementado.
3. Las maderas estructurales en Venezuela utilizadas tradicionalmente se clasifican en Muy Duras, duras y blandas, utilizando en los últimos años las de pino Caribe, debido a la restricción ambiental que existen sobre las maderas autóctonas.
4. Se determinó por expertos que la madera utilizada es blanda y es identificada como mureillo.
5. El mureillo el cual es una madera nativa del estado bolívar, con muy buenas características para la construcción donde su densidad básica es 0,47, con un módulo de elasticidad min de  $55000 \text{ Kg/cm}^2$ , módulo de elasticidad prom de  $90000 \text{ Kg/cm}^2$ .
6. De acuerdo al análisis estructural mediante el programa Sap2000 V-19.02 arrojo los siguientes resultados Max esfuerzo a compresión de 410 kg, un máximo esfuerzo a tracción de 42 kg, y un máximo esfuerzo a flexo compresión de 401 kg donde todos cumplen con los esfuerzos permisibles de acuerdo a las dimensiones de los perfiles de madera.

7. Los esfuerzos permisibles de la madera mureillo con dimensiones determinadas siempre fueron mayores, cumpliendo con la estabilidad de la estructura.
8. En cuanto a diseño y dimensionado la estructura se encuentra muy bien, pero debido a la falta de mantenimiento requiere un mantenimiento rutinario.

### **Recomendaciones**

1. Las edificaciones de la universidad merecen mayor atención tanto del gobierno como de los estudiantes, son patrimonio de nuestra ciudad y pertenecen al alma mater de muchos ingenieros, por el cual se debe sembrar en los estudiantes sentidos de pertenencia con nuestra universidad.

## REFERENCIAS

Ale, J. (2010). *Aplicación de la Mecánica de Materiales la Madera. Aplicación de la Mecánica de Materiales la Madera*. Cordoba, Argentina.

Escobar, O., & Ricardo, J. (1995). *Las maderas en Colombia*. Medellín: Marín Vieco Ltda.

Fernández, R. (1992). *Materiales estructurales en las obras civiles*. Popayán, Colombia.

Fritz, A. (2010). *La construcción de viviendas en madera*.

Jaramillo, O. (2012). *Ingeniería Estructural I*. (Recuperado 15/10/2017), Disponible en: <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4080020/index.html>.

Universidad Tecnológica Nacional, F. d. (1988). *Maderas, Apuntes del centro de Estudiantes*. En F. d. Universidad Tecnológica Nacional, *Maderas, Apuntes del centro de Estudiantes*.

Universidad Católica del Norte, C. (2012). *Materiales de Construcción*.

Zanni, E. (2004). Degradación y rehabilitación de estructuras de madera.

Guía de construcción con madera, Capítulo 3 Comportamiento Frente al fuego.

Guía de construcción con madera, Capítulo 0 Conceptos básicos de la Construcción con madera.

Constitución de la República Bolivariana de Venezuela. (1999). Gaceta oficial N° 36.860, 30 de diciembre de 1999.

RAUL ANDRES VARGAS ARANGUA VALDIVIA, JULIO DE 2003  
“DISEÑO Y ENSAYO DE UNIONES PARA CERCHAS DE MADERA”  
MANUAL DE DISEÑO DE MADERA DEL GRUPO ANDINO,  
LIMA, DICIEMBRE 1984.

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

<b>Título</b>	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL TECHO DEL MÓDULO DE CERÁMICA DE LA ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA, UNIVERSIDAD DE ORIENTE NÚCLEO BOLÍVAR
<b>Subtítulo</b>	

### Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
QUINTERO SANCHEZ LUISFERNANDO DARIO	<b>CVLAC</b>	24.541.909
	<b>e-mail</b>	<a href="mailto:luisferdqs@gmail.com">luisferdqs@gmail.com</a>
	<b>e-mail</b>	
SALANDY MARSIGLIA YESSMAIRIS DEL VALLE	<b>CVLAC</b>	25.361.693
	<b>e-mail</b>	<a href="mailto:yessmairissm@gmail.com">yessmairissm@gmail.com</a>
	<b>e-mail</b>	
	<b>CVLAC</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>CVLAC</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>e-mail</b>	

### Palabras o frases claves:

Caracterización
Análisis estructural
Madera

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

### Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Resistencia de materiales	Esfuerzo flector máximo, módulo de elasticidad
Análisis Estructural	Cerchas

### Resumen (abstract):

---

El presente trabajo se desarrolló en el estado Bolívar, en Ciudad Bolívar específicamente en la escuela de Ciencias de la Tierra de la universidad de oriente núcleo bolívar, en el módulo de cerámica. La investigación consistió en la evaluación estructural del techo del módulo y de la ampliación del conocimiento de la madera como material de construcción en Venezuela. Para lograr los objetivos se desarrolló una metodología de trabajo que consistió en la recolección de información para determinar los tipos de madera y sus propiedades físicas y mecánicas, el análisis estructural y describir las características actuales del techo. Dónde gracias a la metodología de trabajo se determinó el tipo de madera por el cual está constituido el módulo dando como resultado mureillo una madera nativa del estado Bolívar, su análisis estructural con el programa SAP2000 V19.02 y se describen sus características actuales.

---

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

### Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail				
<b>Pérez, Rogelio</b>	<b>ROL</b>	CA <input type="checkbox"/>	AS <input type="checkbox"/>	TU <input checked="" type="checkbox"/>	JU <input type="checkbox"/>
	<b>CVLAC</b>	<b>5.553.168</b>			
	<b>e-mail</b>	<b>rperezs162@gmail.com</b>			
	<b>e-mail</b>				
<b>Guevara, Orlando</b>	<b>ROL</b>	CA <input type="checkbox"/>	AS <input type="checkbox"/>	TU <input type="checkbox"/>	JU <input checked="" type="checkbox"/>
	<b>CVLAC</b>	<b>4.983.662</b>			
	<b>e-mail</b>	<a href="mailto:oguesa1958@gmail.com">oguesa1958@gmail.com</a>			
	<b>e-mail</b>				
<b>Jiménez, Josefina</b>	<b>ROL</b>	CA <input type="checkbox"/>	AS <input type="checkbox"/>	TU <input type="checkbox"/>	JU <input checked="" type="checkbox"/>
	<b>CVLAC</b>	<b>8.887.862</b>			
	<b>e-mail</b>	<a href="mailto:jiimenez33@hotmail.com">jiimenez33@hotmail.com</a>			
	<b>e-mail</b>				
	<b>ROL</b>	CA <input type="checkbox"/>	AS <input type="checkbox"/>	TU <input type="checkbox"/>	JU <input type="checkbox"/>
	<b>CVLAC</b>				
	<b>e-mail</b>				
	<b>e-mail</b>				

### Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
<b>2018</b>	<b>11</b>	<b>07</b>

Lenguaje Spa \_\_\_\_\_

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

### Archivo(s):

Nombre de archivo
EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL TECHO DEL MÓDULO DE CERÁMICA DE LA
DE LA ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA, UNIVERSIDAD DE ORIENTE NÚCLEO
BOLIVAR

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:** \_\_\_\_\_

**Temporal:** \_\_\_\_\_

### Título o Grado asociado con el trabajo:

Ingeniero civil

### Nivel Asociado con el Trabajo: Pre-Grado

Pregrado

### Área de Estudio:

Ingeniería Civil

### Otra(s) Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:

Universidad de Oriente

# Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
CONSEJO UNIVERSITARIO  
RECTORADO

CU N° 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 5/8/09 HORA 5:30

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

*Juan A. Bolaños Cuveldo*

**JUAN A. BOLAÑOS CUVELDO**  
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

Apartado Correos 094 / Telfs: 4008042 - 4008044 / 8008045 Telefax: 4008043 / Cumaná - Venezuela

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6

## 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 solo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo al Consejo Universitario, para su autorización."



AUTOR  
Yessmairis Salandy  
C.I.:25.361.693



AUTOR  
Luisfernando Quintero  
C.I.:24.54.909



TUTOR  
Profesor Rogelio Pérez  
C.I.: 5.553.168