

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN CANTAURA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE DEL PINO CARIBE
(*Pinus caribaea*) COMO MATERIAL CONSTRUCTIVO PARA
CASAS PREFABRICADAS EN UN URBANISMO EN LA
ZONA INDUSTRIAL DEL MUNICIPIO ANACO,
ESTADO ANZOÁTEGUI.**

Realizado por:

Jorgelys J. Campos M.

José A. Carrasquel.

Trabajo de Grado presentado ante la Universidad de Oriente como

Requisito para optar al título de:

INGENIERO CIVIL

Cantaura, Marzo 2022

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN CANTAURA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE DEL PINO CARIBE
(*Pinus caribaea*) COMO MATERIAL CONSTRUCTIVO PARA
CASAS PREFABRICADAS EN UN URBANISMO EN LA
ZONA INDUSTRIAL DEL MUNICIPIO ANACO,
ESTADO ANZOÁTEGUI.**

Tutor

Prof. Cabrera V. Daniel J.

Cantaura, Marzo 2022

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN CANTAURA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL



EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE DEL PINO CARIBE
(*Pinus caribaea*) COMO MATERIAL CONSTRUCTIVO PARA
CASAS PREFABRICADAS EN UN URBANISMO EN LA
ZONA INDUSTRIAL DEL MUNICIPIO ANACO,
ESTADO ANZOÁTEGUI.

JURADO CALIFICADOR

El jurado hace constar que asigno a esta tesis la calificación de:

APROBADO

Prof. Cabrera V. Daniel J.
Tutor Académico

Prof. Rojas Laurimar
Jurado Principal

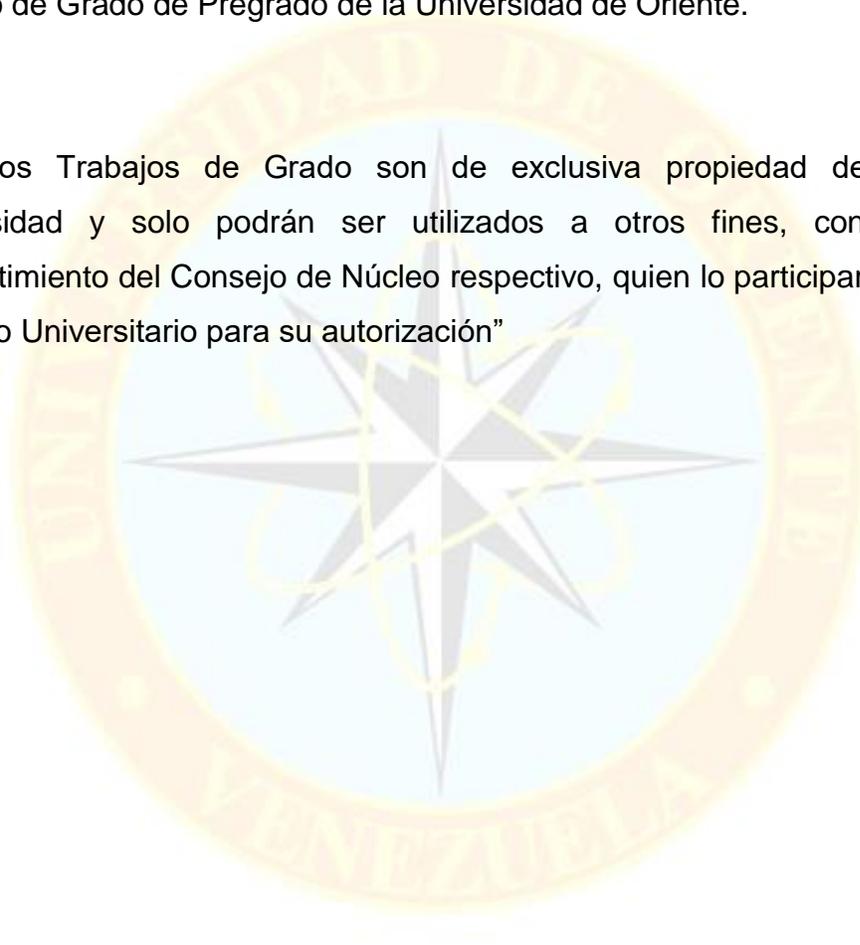
Prof. Rondón Elys
Jurado Principal

Cantaura, Marzo 2022

RESOLUCIÓN

De acuerdo a lo establecido en el artículo 47 del Reglamento de Trabajo de Grado de Pregrado de la Universidad de Oriente.

“Los Trabajos de Grado son de exclusiva propiedad de la Universidad y solo podrán ser utilizados a otros fines, con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien lo participara al Consejo Universitario para su autorización”



DEDICATORIA

A Dios por bendecirme y darme personas maravillosas en este camino que fueron de mucho apoyo.

A mis padres, por ser un ejemplo a seguir y mis pilares más importantes.

A mi hija, que es mi mayor inspiración para adelante con todas mis metas.

A mis hermanos, por todo su cariño y comprensión.

Jorgelys J. Campos M

DEDICATORIA

Dedico de manera especial a mi madre, ella fue el principal cimiento para la construcción de carrera profesional, sentó en mí las bases de responsabilidad y deseo de superación. Gracias por tus enseñanzas, por tus mensajes de aliento y tu excelente manera de instruirme para afrontar las verdades de la vida.

José A. Carrasquel

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios primeramente por guiarme, bendecirme, por darme sabiduría y mucha perseverancia. A Mis padres por todo el amor y la motivación que me han brindado, a mi hija por ser mi inspiración y darme fuerzas en cada paso que doy, a mis hermanos por toda su comprensión y por creer en mi en cada momento, a mi compañero de tesis por tu paciencia y buenos ánimos en los momentos de angustias, y a todas esas personas maravillosas que Dios cruzo en mi camino a lo largo de esta meta que me ayudaron y me motivaron en todo momento.

Jorgelys J. Campos M.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a principalmente de Dios, por permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional. A mi compañera de estudios porque sin el equipo que formamos no hubiéramos llegada a la meta.

José A. Carrasquel

**Universidad de Oriente
Núcleo Anzoátegui
Extensión Cantaura
Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas
Departamento de Ingeniería civil**



**Jorgelys J. Campos M.
José A. Carrasquel
Tutor Académico: Daniel Cabrera**

Año: 2022

**EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE DEL PINO CARIBE
(*Pinus caribaea*) COMO MATERIAL CONSTRUCTIVO PARA CASAS
PREFABRICADAS EN UN URBANISMEN LA ZONA INDUSTRIAL DEL
MUNICIPIO ANACO, ESTADO ANZOÁTEGUI.**

RESUMEN

Esta investigación tuvo como finalidad, la evaluación de la capacidad resistente del Pino Caribe (*Pinus caribaea*) como material constructivo, se planteó una línea de investigación tipo descriptiva y documental, usando los criterios de la norma ATSM, se realizó dicho estudio de las características físicas y mecánica del material, seguidamente se realizó el diseño de una vivienda modelo de tipo unifamiliar con sus respectiva memoria de calculo, verificando las ventajas que representa el recurso forestal, en lo que respecta a su bosquejo, resistencia, y capacidad de absorber cargas de impacto. Obteniendo como principales resultados que la madera de Pino Caribe (*Pinus Caribaea*) es muy favorable e increíblemente versátil para las construcciones de viviendas y en comparación a las estructuras de concreto es un 13% más económicas.

Palabras claves: Investigación, Pino, planeta, casas

INDICE

RESOLUCIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vii
RESUMEN	ix
INDICE	x
INDICE DE TABLA.....	xiv
INDICE DE GIGURA	xv
CAPÍTULO I	19
EL PROBLEMA	19
1.1 Planteamiento del problema.....	19
1.2 Objetivos.....	22
1.2.1. Objetivo General.....	22
1.2.2. Objetivos Específicos.....	22
1.3 Justificación de la investigación.....	22
1.4 Delimitación de la investigación.....	24
CAPÍTULO II.....	25
MARCO TEÓRICO.....	25
2.1 Antecedentes de la investigación	25
2.2 Bases teóricas	27
2.2.1 La madera	27
2.2.2. Composición de la madera.....	27

2.3. Ventajas de la madera como elemento de construcción.....	29
2.4. Desventajas de la madera como material constructivo	29
2.5. Propiedades físicas de la madera.....	29
2.6. Características mecánicas	35
2.7. Sistemas estructurales en madera.....	40
2.8. Pino Caribe (<i>Pinus caribae</i>).....	40
2.8.1. Características:	41
2.8.2. Trabajabilidad.....	42
2.9. Ensayos mecánicos	43
2.9.2. Módulo de rotura a la flexión estática MOR	45
2.9.3. Módulo de elasticidad a la flexión estática MOE	45
2.9.4. Módulo de elasticidad	46
2.9.5. Compresión longitudinal o paralela a las fibras.....	46
2.9.6. Módulo de elasticidad a la compresión	47
2.10. Casas prefabricadas.....	48
2.11. Normas ASTM de los ensayos de madera	56
CAPÍTULO III.....	58
MARCO METODOLOGICO	58
3.1 Tipo de investigación	58
3.2 Nivel de la investigación.	59
3.3 Técnicas a utilizar	59
3.3.2. Revisión bibliográfica	59
3.3.3. Análisis matemáticos	60

3.3.4.	Herramientas y Equipos.....	60
3.4.	Etapas de la investigación	61
CAPÍTULO IV		65
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS		65
4.1	Identificación de las características del Pino Caribe (<i>Pinus caribaea</i>) como material constructivo para uso estructural.....	65
4.1.1	Caracterización y propiedades de la madera.....	68
4.2	Análisis de las propiedades físicas y mecánicas de la madera de Pino Caribe (<i>Pinus caribaea</i>), para la resistencia de los elementos estructurales mediante la norma ASTM D143.	78
4.2.1	Resistencia a flexión de la madera	78
4.2.2	Resistencia a tracción de la madera	79
4.2.3	Resistencia a compresión de la madera	81
4.2.4	Resistencia al corte de la madera	83
4.3	Diseño de una vivienda modelo de tipo unifamiliar, utilizando como material principal la madera de Pino Caribe (<i>Pinus caribaea</i>).....	85
4.3.1	Esfuerzos admisibles para madera estructural	88
4.3.2	Diseño de viguetas.....	88
4.3.3	Diseño de vigas.....	92
4.4	Comparación de la rentabilidad económica de las estructuras de madera de Pino Caribe y las estructuras tradicionales, mediante la elaboración de sus respectivos presupuestos.	105
4.5.1.	Presupuestos comparativos.....	105
4.5.1.1.	Comparación de métodos constructivos.....	107

CAPITULO V	109
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	109
2.1. Conclusiones	109
2.2. Recomendaciones	110
ANEXOS	¡Error! Marcador no definido.
Hoja De Metadatos Para Tesis Y Trabajos De Ascenso – 1/6	113

INDICE DE TABLA

Tabla 1 Esfuerzo máximo admisible según el grupo de madera	48
Tabla 2 Esfuerzo máximo admisible para corte paralelo a las fibras f_v (MPa)	50
Tabla 3 Esfuerzos máximos admisibles.	52
Tabla 4 Módulo de elasticidad para diseño de columnas y entramados	53
Tabla 5 Dimensiones normales de las tablas de madera	74
Tabla 6 Dimensiones normales de los tablones de madera	75
Tabla 7 Dimensiones normales de las vigas de madera	76
Tabla 8 Clasificación de la madera estructural	84
Tabla 9 Esfuerzos admisibles (kg/cm^2)	85
Tabla 10 Esfuerzos máximos admisibles.	96
Tabla 11 Esfuerzo máximo admisible para corte paralelo a las fibras f_v (MPa)	98
Tabla 12 Clasificación de columnas	100
Tabla 13 Esfuerzos máximos admisibles	100
Tabla 14 Módulo de elasticidad para diseño de columnas y entramados	101
Tabla 15 Relación de esbeltez límite entre columnas intermedias y largas	102
Tabla 16 Presupuesto De Obra	105
Tabla 17 Comparación de partidas seleccionadas de los métodos en estudios	108

INDICE DE FIGURA

Figura 1 Composición química de la madera	28
Figura 2 Grano de la madera	30
Figura 3 Contenido de humedad	31
Figura 4 Contracción en la madera	35
Figura 5 Compresión perpendicular y paralela a la fibra	36
Figura 6 Resistencia a flexión	37
Figura 7 Sistemas estructurales básicos para una casa de madera	40
Figura 8 Diagrama Esfuerzo-Deformación	46
Figura 9 Pórtico estructural de madera	51
Figura 10 Altura del árbol de Pino Caribe (<i>Pinus caribaea</i>).....	66
Figura 11 Corteza del Pino Caribe (<i>Pinus caribaea</i>)	66
Figura 12 Hojas del Pino Caribe (<i>Pinus caribaea</i>).....	66
Figura 13 Frutos del Pino Caribe (<i>Pinus caribaea</i>).....	67
Figura 14 Plantaciones de Uverito.....	67
Figura 15 Figura 15. Ubicación del bosque de Uverito.....	68
Figura 16 Eje tangencial, radial y longitudinal de una pieza de madera.....	69
Figura 17 Trozas de Pino Caribe (<i>Pinus caribaea</i>).....	71
Figura 18 Descortezado del Pino Caribe (<i>Pinus caribaea</i>).....	71
Figura 19 Esquema para la producción de madera, para la construcción.....	72
Figura 20 Tablas de diferentes dimensiones	73
Figura 21 Vigas de madera para construcción	73
Figura 22 Secado de Madera en Horno	73
Figura 23 Estructura con elementos de pino caribe	77
Figura 24 Tamaño de las probetas.....	78
Figura 25 Aplicación de las cargas en la probeta	79

Figura 26 Aplicación de las cargas en la probeta	80
Figura 27 Tracción paralela y perpendicular a la fibra de la madera	81
Figura 28 Aplicación de las cargas a compresión en la probeta	82
Figura 29 Compresión paralela y perpendicular a la fibra de la madera.....	82
Figura 30 Espécimen de prueba.....	83
Figura 31 Aplicación de las cargas de punzonamiento.	84
Figura 32 Planta de vivienda unifamiliar.....	87
Figura 33 Planta de vivienda unifamiliar.....	89
Figura 34 Modelo de pórtico estructural de madera	99

INTRODUCCIÓN

Las construcciones de madera han alcanzado su esplendor moderno con arquitectos y diseñadores que arriesgan por los materiales tradicionales pero con técnicas renovadoras que realzan la construcción con traviesas, tablas y listones a su máximo esplendor. Cuyo objetivo del presente trabajo de grado fue diseñar una vivienda de madera asequible y sostenible por estudiantes de ingeniería Civil, pertenecientes a la universidad de Oriente. Extensión Cantaura.

Una investigación que fue realizada con excelentes resultados, un ejemplo de utilidad y uso actual en el diseño de viviendas donde la madera es el principal protagonista de esta historia. Muchos modelos son los que copan el mercado, algunos más atractivos que otros pero queremos mostrar una idea que cumpla con los estándares y criterios normativos vigentes para diseñar y construir viviendas de madera.

En mismo sentido, el uso de la madera (*Pinus caribaea*), como un material que dura, bien tratado, proporciona durabilidad en una viga, un tronco o listón, o la simple traviesa. Ejemplos de perdurabilidad hay muchos; sarcófagos, estatuas, aparejos familiares, armas, embarcaciones, instrumentos, elementos de construcciones, entre otros beneficios esta la facilidad en encontrarla y precios relativamente económicos en relación a otros materiales. Utilidad de empleo con diferentes formas. Puede ser producida en piezas con dimensiones estructurales de cualquier tamaño, puede ser utilizada en industrialización o en elementos delicados.

El actual trabajo de grado está estructurado en cinco capítulos, los cuales envuelven el desarrollo de la propuesta de una vivienda prefabricada, y que se detallan a continuación:

Capítulo I: Se precisó claramente la formulación del problema que presenta, así como también, la puntualización de los objetivos, tanto el general como los específicos, que le dan sentido a la investigación, garantizando el orden de las actividades y el cumplimiento de las mismas..

Capitulo II: Se expone el marco teórico, el cual se realizó previamente a través de una revisión bibliográfica detallada, donde se eligieron los términos a utilizar y se plasman los antecedentes de la investigación enlazados con el tema específico del presente trabajo. También, se dejaron aquí las bases teóricas que fueron aplicadas.

Capitulo III: Se indica el marco metodológico, el cual se encarga de mostrar el tipo y diseño de la investigación, quedando por sentado los lineamientos del proyecto. También se aplicaron en este capítulo los niveles de la investigación, la profundidad con que se estudia un objeto o tema de interés y la manera en cómo se dan respuesta a las interrogantes formuladas. Por último, los resultados mostrados servirán de base para la estructuración de las acciones a tomar según sea el caso.

Capitulo IV: Esta etapa presenta el análisis de datos y resultados obtenidos con la aplicación de diferentes técnicas de recolección. Se recopiló la información necesaria y se hizo el diseño correspondiente, dejando por sentado los resultados de la presente investigación.

Capítulo V: Por último, quedan reflejadas las conclusiones y recomendaciones. Se desarrolla una propuesta con acciones correctivas que garantiza el mejor funcionamiento de la vivienda. Se describen las conclusiones donde se precisa el cumplimiento del orden específico de los objetivos planteados, para obtener la propuesta de mejora.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

El uso de la madera como elemento estructural, para la fabricación de viviendas, es tradicional en muchos países, empleándose desde tiempos antiguos en lugares donde abunda este recurso forestal, utilizándose principalmente para sus moradas transitorias o permanentes. En Venezuela, este elemento formó parte de la construcción de los distintos asentamientos indígenas y ciudades coloniales, en ellas, se conjugaron diversos recursos para el diseño de comunidades con la incorporación de técnicas foráneas. A finales del siglo XIX, con la inclusión de nuevos métodos resultantes del desarrollo a través de la industrialización en Europa, la madera, se combinó con el acero y el concreto, en los innovadores proyectos de fabricación, perdiendo progresivamente la importancia que llegó a tener en sus inicios.

Hoy en día en Venezuela, los métodos de construcción actual producto del desarrollo industrializado, representan un alto porcentaje en el costo de la fabricación de viviendas, haciendo muy cuesta arriba el desarrollo y disponibilidad de este bien inmueble, debido a la ausencia de insumos fundamentales en este sector, como también a la poca importancia que se le ha dado a la madera como material principal de construcción. Toda obra nueva requiere de acero y concreto, los volúmenes de producción de las empresas siderúrgicas y cementeras no alcanzan un 30% para abastecer la demanda que tiene este sector, con respecto a la necesidad de construcción de viviendas en el país.

Actualmente Venezuela atraviesa por una crisis económica de tipo hiperinflacionaria, lo que ha traído como consecuencia, el aumento desproporcionado en los materiales e insumos primarios para la construcción de viviendas y el cierre técnico de las empresas dedicadas al desarrollo de proyectos habitacionales.

No obstante, la utilización de la madera como elemento estructural en la construcción de viviendas, ofrece una alternativa sustentable, además de comprobados beneficios en la rentabilidad económica, tanto para el constructor, como para el que adquiere la vivienda, más aún cuando se está en conocimiento de que se cuenta con los recursos madereros necesarios. Entre los Estados Monagas y Anzoátegui, específicamente en el Bosque de Uverito, se siembra aproximadamente 196 mil hectáreas de Pino Caribe (*Pinus caribaea*), de los cuales se utiliza solo un 30% de la producción, para el desarrollo habitacional, dirigido a accesorios tales como: ventanas, pisos, techos, entre otros, siendo subutilizado este producto, obviando las múltiples bondades de este material, como elemento estructural principal.

Si se asume la importancia de la madera, como elemento principal en la construcción de soluciones habitacionales, aunado a las nuevas técnicas y experiencias de países como EEUU, sin descuidar la preocupación y preservación del medio ambiente, a través de técnicas de reforestación, se puede hacer que la construcción de viviendas utilizando la madera Pino Caribe (*Pinus caribaea*), sea una alternativa sustentable real, con mayor o igual beneficios y alcance que el acero o el cemento.

Por ello esta investigación tiene como finalidad, evaluar la capacidad resistente del Pino Caribe (*Pinus caribaea*), como material constructivo de casas prefabricadas en urbanismos, propuesto específicamente para la zona industrial del Municipio Anaco del Estado Anzoátegui. Para el desarrollo de

este proyecto se plantea esta línea de investigación tipo descriptiva y documental.

Según Arias (2006), “la investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo con el fin de establecer su estructura o comportamiento...” y tipo documental definida también según Arias (2006), “como el proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica, así como también interpretación de los análisis secundarios obtenidos por los investigadores”. Este tipo de metodología a emplear permite identificar las características del pino caribe, aplicando las normas ASTM entre otros.

Dicha investigación pretende retomar la tradición constructiva de la madera en Venezuela, utilizando el Pino Caribe (*Pinus caribaea*), con el apoyo e intervención del Gobierno Nacional, aprovechando para esto las ventajas que representa el recurso forestal, en lo que respecta a su diseño, resistencia, y capacidad de absorber cargas de impacto, generando así soluciones al problema principal que se presenta hoy en día en la adquisición de materiales convencionales, a través de la madera como elemento estructural principal de la construcción de edificaciones de tipo viviendas, que cumplan con las especificaciones y capacidades tecnológicas requeridas para tal fin.

Por lo expuesto anteriormente, esta investigación va dirigida como referencia en el diseño de futuras estructuras de madera de Pino Caribe (*Pinus caribaea*), en estudio, compatibles e integrables a los sistemas constructivos tradicionalmente utilizados en Venezuela. Además, sirve como aporte a las empresas que asuman el reto de desarrollar esta tecnología de punta, generándole grandes fuentes de ingresos y beneficio ya que el

proyecto será como referencia para estudios futuros y sea tomado en cuenta para posteriores diseños de edificaciones de madera, permitiendo a la Universidad de Oriente generar aportes en tan significativa investigación.

1.2 Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Evaluar la capacidad resistente del Pino Caribe (*Pinus caribaea*) como material constructivo de casas prefabricadas en un urbanismo en la zona industrial del municipio Anaco, Estado Anzoátegui.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Identificar las características de la madera de Pino Caribe (*Pinus caribaea*) como material constructivo principal, para uso estructural.
- Analizar las propiedades físicas y mecánicas de la madera de Pino Caribe (*Pinus caribaea*), para la resistencia de los elementos estructurales mediante la norma ASTM D143.
- Diseñar una vivienda modelo de tipo unifamiliar, utilizando como material principal la madera de Pino Caribe (*Pinus caribaea*).
- Comparar la rentabilidad económica de las estructuras de madera de Pino Caribe y las estructuras tradicionales, mediante la elaboración de sus respectivos presupuestos.

1.3 Justificación de la investigación

En el sector de la construcción, específicamente en Venezuela, la industria de la madera ha perdido presencia en el transcurso del tiempo, a partir del desarrollo de componentes y sistemas constructivos de acero y concreto, quedando relegado a un uso secundario en obras de poca envergadura, como lo son mobiliario o detalles (puertas, ventanas,

encontrados, muebles, entre otros) y a la colocación de machihembrado en techos, desaprovechando la oportunidad de explotar las ventajas que ofrece como material estructural.

Sin embargo, grupos de investigaciones, encargados de establecer nuevas innovaciones constructivas dentro de la industria, tal es el caso del Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (IDEC) de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela (UCV), han impulsado diversas iniciativas que permitirían ampliar y afianzar el uso más generalizado de la madera en la construcción.

Es importante mencionar que existen estudios relacionados con este tema como lo son, los realizados por Lemus y Romero (2014), y Pacheco y Miranda (2017), pertenecientes al País de Colombia, ellos llevan a cabo la construcción de una vivienda donde utilizan el Pino Caribe (*Pinus caribaea*) como material constructivo, igual de importante es el estudio, realizado por Arguinzones (2015), en Caracas, Venezuela, el cual es un aporte destacado en el territorio nacional respecto al tema del Pino Caribe, del cual después de investigar en los distintos entes a nivel estatal, no se encontró algún estudio dirigido al Pino Caribe, con respecto a los diferentes tipos de viviendas que son construidas constantemente para suplir las necesidades de carencia habitacional que tiene la población venezolana.

Con lo anteriormente mencionado se dirigió esta investigación en la realización de la evaluación de la capacidad resistente del Pino Caribe (*Pinus caribaea*) como material constructivo de casas prefabricadas en un urbanismo en la zona industrial del municipio Anaco, estado Anzoátegui, con el fin de aprovechar las plantaciones de Pino Caribe, que posee Venezuela

para el desarrollo de un sistema constructivo con madera para edificaciones de tipo viviendas que cumplan con la especificaciones requeridas para tal fin.

El tema abordado, sirve de referencia en el diseño de futuras edificaciones de madera, las cuales sean una alternativa sustentable real, con mayor o igual beneficios y alcance que el acero o el concreto y poco perjudiciales con el ambiente, de tal manera la Universidad de Oriente aportó en estos temas de gran prioridad.

1.4 Delimitación de la investigación

El estudio se encuentra enfocado en cuatro etapas, comenzando por la definición de las características del Pino Caribe (*Pinus caribaea*) como material constructivo para uso estructural, según lo establece la norma ASTM D 9 a 05, “Estándares de terminología relacionada con la madera y productos basados en madera”, seguidamente analizando las propiedades físicas y mecánicas de la madera de Pino Caribe (*Pinus caribaea*), para la resistencia de los elementos estructurales, mediante la norma ASTM D143, “Definen los métodos de ensayo para determinar las propiedades mecánicas, incluyendo la resistencia a flexión, resistencia a tracción y resistencia a la cizalla”

Posteriormente en la tercera etapa, se llevó a cabo el diseño de una vivienda modelo de tipo unifamiliar, utilizando como material principal la madera de Pino Caribe (*Pinus caribaea*), con la ayuda del programa “AutoCAD 2014” y tomando como referencia el diseño de una vivienda de concreto armado obtenido en la alcaldía del municipio Anaco, estado Anzoátegui, comparando las ventajas y desventajas entre los materiales utilizados en cada una de las estructuras y finalmente, se compararon los presupuestos obtenidos, siendo ellos la variación entre los costos asociados

a la rentabilidad económica de las estructuras de Pino Caribe (*Pinus caribaea*) y las estructuras tradicionales.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

Pacheco y Miranda (2017), consideraron la posibilidad de utilizar madera para la construcción de casas prefabricadas con el fin de reducir costos y disminuir el impacto negativo al ambiente con respecto a los métodos de construcción tradicional. Para ello, se tomaron en cuenta las conferencias realizadas en la Universidad de Sao Paulo (USP) - Brasil, y el reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente del 2010 (NSR-10). Seguidamente se especificaron las características y etapas constructivas de la casa, implementada por el grupo HABIS, y finalmente se procedió a analizar la compatibilidad técnica de las características especificadas en el sistema constructivo. Esta investigación brindará un modelo de casas construidas con madera, el cual servirá como base para el desarrollo del modelo propio que se desea realizar.

Arguinzones (2015), propuso el desarrollo de un sistema de cubiertas para canchas multideportivas, básicamente con tableros de madera de Pino Caribe, como principal material constructivo. Para ello, se toma como referencia las diversas investigaciones realizadas en la Línea Madera del Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (IDEC). De acuerdo a los criterios sobre Sostenibilidad de la Edificaciones de ese instituto, se contempla utilizar madera de plantaciones de Pino Caribe, que posee

Venezuela, y su aprovechamiento como material de construcción. Este trabajo contribuirá aportando información teórica sobre las propiedades constructivas que tiene la madera de Pino Caribe (*Pinus caribaea*). Así mismo expone los criterios de sostenibilidad que pueden ser aplicados durante el proceso de desarrollo de las casas prefabricadas.

Lemus y Romero (2014), el producto de esta investigación consta del análisis sobre la problemática de la población de la Mojana en temporada de lluvia, debido a que se han estado presentando inundaciones cada vez más fuertes con el paso de los años. En esta investigación se propuso el diseño de una vivienda que se adecue a las necesidades socio-ambientales y económicas de la zona de La Mojana, con la finalidad de garantizar su resistencia, estabilidad y durabilidad. Por último, este diseño se realizó con los tipos de madera que se encontraron en la zona para poder generar un diseño sostenible. Este proyecto facilitará un ejemplo de propuesta de casas en madera que resulte una vía atractiva, económicamente hablando, siendo a su vez una opción que brinde tranquilidad y seguridad a las personas que en ella habitarán.

Rahal y Sleiman (2013), realizaron un trabajo especial de grado con el objetivo principal de evaluar la factibilidad técnica y económica de la producción de compuestos de madera y plástico en Venezuela, aprovechando de forma ecológica este recurso sin perjudicar a la industria de la construcción. En primer lugar, se realizó un estudio de mercado, el cual abarca todo lo relacionado con la demanda del producto. Seguidamente, se realizó un estudio técnico donde se definió el proceso productivo, la materia prima, maquinarias y equipos para su producción. Por último, se realizó un estudio económico, los mismos demostraron que la producción de compuestos de madera y plástico, es rentable. El aporte que este trabajo de

investigación brindará, será la información de datos estadísticos y opinión de expertos en cuanto a la madera de Pino Caribe.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 La madera

Según lo expresado por Aguilar y Guzowski (2011), la madera es un material biológico de origen vegetal. Forma parte del tronco de los árboles y su función es transportar agua y sustancias nutritivas del suelo hacia las hojas. Todas estas funciones determinan la naturaleza de la madera, caracterizada por su porosidad y elevada resistencia en relación con su peso y propiedades, éstas la hacen totalmente diferente a otros materiales de construcción. (p.7)

La madera es un material de gran importancia en esta investigación ya que su utilización en la construcción nos ofrece una excelente rigidez y resistencia a la hora de soportar cargas de impactos, lo que facilita la elaboración de las viviendas. Es por ello, que este concepto es la base fundamental para el desarrollo de este proyecto, ya que forma parte del material principal, requerido para la elaboración de casas prefabricadas.

2.2.2. Composición de la madera

Aguilar y Guzowski (2011), establece que: la madera como la mayoría de los vegetales está compuesta por numerosas células. La pared celular es fina y flexible, con el paso del tiempo se endurece, sobre todo por acumulación de celulosa, sustancia macromolecular de los glúcidos y lignina, sustancia que le otorga la rigidez e impermeabilidad. Las fibras de celulosa forman un entramado en el cual se almacena la lignina, sólo cuando la lignina se ha depositado en

la pared celular se forma la “Madera”. La célula de madera acabada es dura, rígida y de forma definitiva.

Desde el punto de vista de la composición química de la madera, los componentes esenciales son: la celulosa en un 50% aproximadamente, lignina un 30% y productos orgánicos semejantes a la celulosa y sustancias varias un 20%, entre ellos, almidón, azúcares, grasas, taninos, aceites esenciales, sales minerales, colorantes, ceras y resinas. (p.12)

Es de suma importancia conocer las células de los cuales está compuesta la madera de pino caribe (*Pinus caribaea*), porque de esta manera se puede detectar las propiedades tecnológicas, propiedades físicas y mecánicas que ella posee, y así dar paso al estudio del comportamiento de cada una de ellas dentro de la elaboración de viviendas ayudando a definir la utilización más adecuada de la madera, y permitiendo el mayor aprovechamiento de este recurso para garantizar entre otras cosas, una mayor duración de la misma y la adaptación al tipo de clima donde se desea construir, generando así grandes beneficios a la comunidad en desarrollo.

A continuación, se muestra de forma gráfica dicha composición:



Figura 1 Composición química de la madera

Fuente: Aguilar y Guzowski (2011).

2.3. Ventajas de la madera como elemento de construcción

1. Es liviana y fácil de manejar, a partir de herramientas sencillas y con mano de obra de gran accesibilidad.
2. Se generan uniones a partir de diversos y simples elementos: machihembrados, tornillos, hendiduras, clavos, apernados.
3. Fácil armado y desarmado, lo cual genera posibilidades de reutilización de los elementos constructivos.
4. Excelente material aislante tanto del sonido, de la temperatura y la electricidad.
5. Habilidad para retener pinturas y barnices y resistencia a acciones acidas y soluciones salinas.

2.4. Desventajas de la madera como material constructivo

1. Posee alta combustibilidad y expelle gases que promueven la propagación del fuego sobre el material.
2. Resistencia variable no solo dentro de cada tipo de madera sino también dentro de los diferentes especímenes de cada tipo.
3. Propensa a ser atacada por hongos e insectos.
4. Su humedad debe de mantenerse estable para que funcione correctamente según las prevenciones de ingeniería.

2.5. Propiedades físicas de la madera

Las propiedades físicas de la madera si bien varían dependiendo de la especie e incluso de las regiones internas del árbol de la cual se extrae, ella posee una serie de elementos y cualidades que se explicarán a continuación.

- **Grano:** De acuerdo con Jauregui J (1998): "la dirección de las fibras en relación al eje longitudinal del árbol o a una pieza particular de madera" (p.15). Puede ser recto, cuando mantiene las líneas paralelas a la dirección o de grano irregular cuando sucede lo opuesto. La presencia en el árbol de nudos u horquillas afecta su estructura y originan granos irregulares de crecimiento.



Figura 2 Grano de la madera

Fuente: Jauregui (1998)

- **Veteado** Explicado por Johnston D (1999): Son los dibujos que se producen en las superficies longitudinales de madera gracias a las variaciones de color, a las distintas formas de los tejidos como son las células traqueales, los vasos y el parénquima, así como el desarrollo de los anillos, radios, granos y nudos. (p.7)
- **Peso específico** Esta característica física, también llamada densidad básica, es una de las principales particularidades que favorecen y hacen preferir, en la elección de un material de construcción, por su baja densidad en la comparación con otros materiales tradicionales.

Es un material estructural ligero, que tiene un valor medio de densidad de 450 kg a 550 kg/cm² cuando se utiliza en construcción en relación a los 2400 Kg/cm³ aplicable al concreto.

El peso específico es la relación entre el peso de madera, a un determinado el contenido de la humedad, y el peso del volumen de agua desplazado por el volumen de la madera. Considerando que el agua tiene una densidad de 1 puede decidirse que la relación entre la densidad de la madera dividida entre la densidad del agua iguala a su peso específico.

La densidad es el cociente entre la masa y el volumen de la madera. La cual varía con la humedad, es decir, cuando la humedad crece, la densidad también crece (Cuevas 2003).

- **Humedad**

La madera contiene agua bajo tres formas: El agua libre se encuentra llenando las cavidades celulares, el agua higroscópica se halla contenida en las paredes celulares y el agua de constitución se encuentra formando parte integrante de la estructura molecular.



Figura 3 Contenido de humedad

Fuente: Cuevas (2003)

La humedad de la madera varía entre límites muy amplios, en la madera recién cortada oscila entre 50 y 60 por ciento, y por imbibición

puede llegar hasta el 250 y 300 por ciento. La madera secada al aire contiene de 10 a 15 por ciento de su peso de agua, y como las distintas mediciones físicas están afectadas por el tanto por ciento de la humedad, se ha convenido en referir los diversos ensayos a una humedad media internacional de 15 por ciento.

Los métodos existentes para determinar el contenido de humedad son, métodos de la pesada, método de destilación y el empleo de medidores eléctricos. Según Cuevas (2003), el contenido de la humedad de la madera se calcula de la siguiente expresión:

Fórmula 2

$$\frac{PH}{PO} \cdot 100 \quad \text{Ec. 1}$$

DONDE:

H: porcentaje de humedad%

PH: peso en el estado húmedo

PO: peso em el estado seco

En la construcción las maderas deben utilizarse siempre descortezadas y secas.

Métodos para determinar el contenido de humedad en la madera Existen diferentes métodos para determinar el contenido de humedad en la madera:

- 1- Método secado en estufa o por pesadas
- 2- Métodos eléctricos (Con instrumentos que funcionan por resistencia eléctrica).
- 3- Método por destilación o extracción

- 4- Método colorimétrico
- 5- Método de titulación
- 6- Método higrométrico
- 7- Método de expulsión directa del agua por presión

- **Conductividad térmica**

La madera seca es una mala conductora del calor y electricidad, no así cuando esta húmeda. La conductividad es mayor en el sentido longitudinal, que en radial o transversal, y es más en la madera pesada que en las ligeras o porosas, por lo cual se emplean como aisladores térmicos en las paredes.

- **Conductividad acústica**

Para comprender el comportamiento acústico de la madera debemos separar dos conceptos diferentes como son la transmisión del sonido y la absorción de este.

La transmisión de sonido de la madera: longitudinalmente el valor de transmisión del sonido es semejante al de cualquier otro material, tales como el concreto o el acero. Transversalmente, su capacidad de transmisión del sonido es de tres a cinco veces inferior a los materiales antes mencionados, lo cual tiene una gran importancia en la transmisión de ruidos o sonidos de impactos.

La adsorción de sonido: por su baja densidad, la madera no parece ser el mejor elemento con capacidad de adsorber el sonido, íntimamente vinculado al concepto de masa y peso específico.

- **Elasticidad:**

Cualquier tipo de sollicitación aplicada a la madera produce en esta una deformación en la dirección del esfuerzo. Si esta deformación es recuperable y se mantiene proporcional al esfuerzo aplicado, se dice que se encuentra ante un comportamiento elástico. Este comportamiento no se mantiene indefinidamente en la madera, de forma que para una sollicitación creciente llega un momento, normalmente llamado límite de proporcionalidad (que en una sollicitación a flexión se sitúa en el intervalo del 70 al 80% de la carga última, o de una rotura) a partir del cual las deformaciones dejan de ser proporcionales al esfuerzo aplicado.

Si bien la madera posee gran elasticidad, ninguna madera es suficientemente elástica como para recobrar su forma original. Johnston D (1999), establece que: "mientras mayor sea la carga que se le aplique y mayor la temperatura ambiental, mayor será el grado de distorsión permanente". (p.15)

- **Contracción o hinchamiento**

La madera cambia de volumen según la humedad que contiene. Cuando pierde agua, se contrae y merma, siendo mínima en la dirección axial o de las fibras, no pasa de 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. 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. La madera aumenta de volumen hasta el punto de saturación (20 a 25 por ciento de agua), y a partir de él no aumenta más de volumen, aunque siga absorbiendo agua.

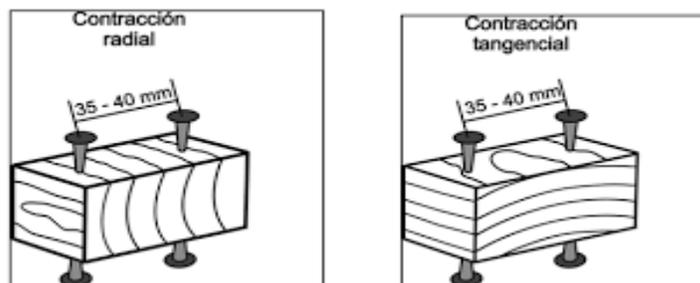


Figura 4 Contracción en la madera

Fuente: Jauregui (1998)

2.6. Características mecánicas

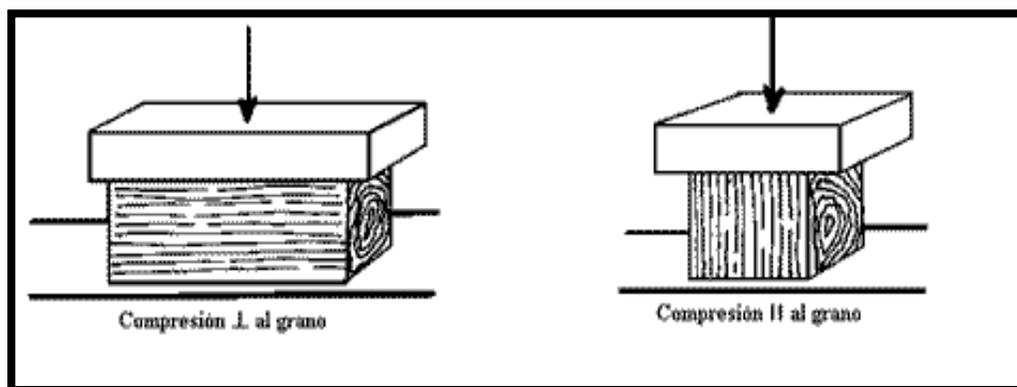
- **Compresión**

Este esfuerzo puede ser de tipo axial o transversal al sentido de la fibra. La compresión axial estará definida por la resistencia que se opone un trozo de madera a un esfuerzo paralelo al sentido de sus fibras presentándose un esfuerzo admisible de orden de los 12 MPa.

La compresión transversal o perpendicular a la fibra se dará en la práctica en aquellos apoyos de la pieza sobre muros o columnas. El esfuerzo admisible para este caso depende de factores tales como el

ángulo de incidencia. En todo caso puede darse un valor promedio que será de 2.8 MPa.

La rotura de la madera solicitada a compresión no resulta clara ya que lo que se produce en la práctica es un aplastamiento de las fibras, pudiendo el material seguir aguantando solicitaciones. La resistencia a la compresión viene muy afectada por el contenido de humedad de la madera, pero la calidad de la madera la afecta menos que en tracción.



Fuente: Martínez (2014)

- **Flexión**

La madera presenta una notable resistencia a la flexión, sobre todo si se compara con su densidad. El módulo de elasticidad (MOR), refleja la máxima capacidad de carga en flexión de un elemento y es proporcional al momento máximo soportado. El módulo de rotura es un criterio aceptado de resistencia, aunque no es medida real de la tensión porque la fórmula que se emplea para su cálculo solo es válida hasta el límite elástico. La flexión de

una pieza genera tensiones y compresiones de tracción paralela a la fibra, que adoptan valores máximos en las fibras externas de la pieza o nudo en la fibra Neuta.

El comportamiento a flexión de la madera es distinto al de la madera real ya que en primer caso se puede observar que la rotura se produce compresión (por aplastamiento de las fibras en la zona comprimida) y en segundo por tracción, por rotura de las fibras de la zona traccionada (debido a la mayor incidencia que los nudos tienen en la resistencia a la tracción).

La resistencia a flexión viene afectada no solo por el tamaño de los nudos si no por la frecuencia, de forma que nudos grandes repetidos, aunque sean pocos, influyen más que los nudos pequeños abundantes. La influencia de la humedad es menos acusada que en la compresión, presentando, como es lógico, un comportamiento intermedio entre tracción y compresión (Diez 2000).

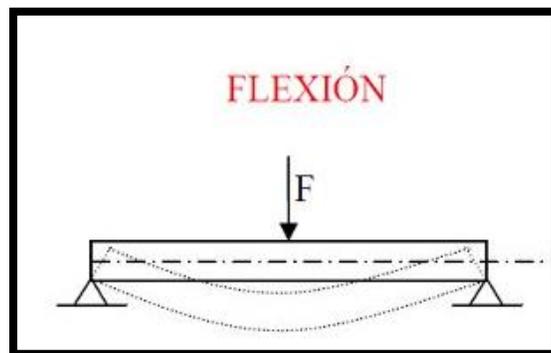


Figura 6 Resistencia a flexión

Fuente: Diez (2000)

- **Tracción**

La tracción es el esfuerzo que está sometido un cuerpo por la aplicación de dos fuerzas que actúan en sentido opuesto, y tienen a estirarlo. La madera posee una elevada resistencia a la tracción

paralela a la fibra, motivada por la elevada resistencia a las cadenas de celulosa presentan ante esta solicitud mecánica.

Por otro lado, su resistencia a la tracción perpendicular muy baja, del orden 30 a 70 veces inferiores. Esta falta de resistencia transversal, es debida a la orientación marcadamente longitudinal de la estructura de la madera, muy preparada para resistir las solicitudes de flexión a la que se somete un árbol en pie. Conforme a la estructura transversal de una especie sea más marcada, esta tendrá una mayor resistencia a la tracción transversal.

Esto se pone claramente en manifiesto en la aparición de frendas longitudinales en los elementos de directriz curva, así como en las uniones y apoyos en las que se hagan acto de presencia estas solicitudes. Se puede afirmar que la resistencia a la tracción viene muy afectada por la calidad de la madera pero que no es sensible a la humedad, de ahí que no suelen considerarse factores correctores (Diez 2000).

- **Resistencia al corte**

El cortante es debido a sollicitaciones en dirección perpendicular a las fibras. Estas sollicitudes pueden generar otras de tipo tangencial como consecuencia de la deformación de la madera. La manifestación del cortante puede tener tres formas distintas:

Cortante puro: las fibras son cortantes transversales por la acción de esfuerzo que se genera en dirección perpendicular a la fibra. El fallo se produce por aplastamiento y posterior rotura de la fibra. Este tipo de rotura es extraordinariamente raro en estructuras reales.

Deslizamiento: producido por tensiones de tipo tangencial, generadas por la acción de corte y provocadas por la deformación de las piezas de madera solicitadas a flexión. La rotura se produce por deslizamiento de unas piezas sobre las otras con dirección longitudinal.

Rodadura: similar al anterior, pero en dirección transversal, produciéndose la rodadura de unas fibras sobre las otras. Este tipo de rodadura se produce en casos contados tales como el encuentro de alas y almas de perfiles de doble T o en tableros contrachapados.

Sotomayor (2002), afirma que las principales características mecánicas de la madera a deformarse en el dominio elástico cuando una sollicitación mecánica es aplicada en el proceso de edificación con madera son:

El Módulo de Elasticidad, características que cuantifican que capacidad de una madera a deformarse en el dominio elástico cuando una sollicitación mecánica es aplicada durante un periodo determinado.

El Módulo de Rigidez, particularidad que manifiesta la aptitud de deformación elástica de la madera expuesta a esfuerzos de tipo cortante

El Módulo de Ruptura, parámetro que expresa el esfuerzo máximo en el momento que falla mecánicamente un elemento en un proceso de carga-deformación.

La Resistencia al Limite Elástico, dato que señala la máxima capacidad de resistencia mecánica elástica del material.

2.7. Sistemas estructurales en madera

Según Junac (1981): “Forma la parte resistente de componentes como muros o paredes, pisos, techos, tales como: piederchos, columnas, vigas, cerchas, entre otros”. (p.35). Son todos aquellos sistemas que constituyen el esqueleto o armazón estructural de la construcción.

Todos estos elementos tienen un fin en común que es el de la resistencia de la edificación. La Figura 2, muestra los sistemas estructurales básicos para una casa madera:

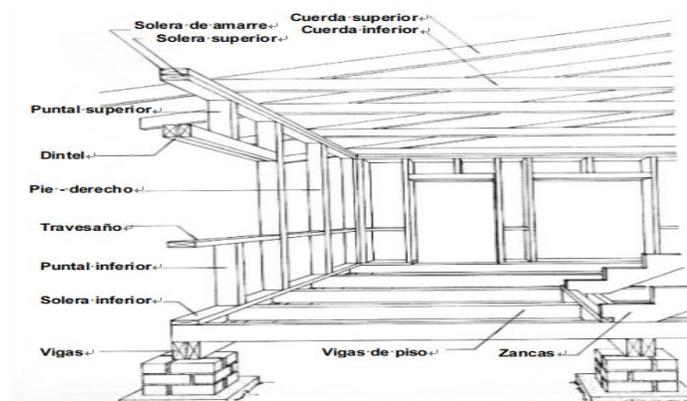


Figura 7 Sistemas estructurales básicos para una casa de madera

Fuente: Junac (1981)

como referencia de casas prefabricadas en madera de pino caribe (*Pinus caribaea*), al momento del diseño y elaboración de las mismas, para que resulte atractivo, viable y principalmente en el desarrollo de este proyecto.

2.8. Pino Caribe (*Pinus caribaea*)

En Venezuela las grandes áreas de plantación de pino caribe, se encuentra al sur de los estados Anzoátegui y Monagas. Citado por Vásquez (1991) considera esta zona potencial mente adecuada para realizar plantaciones con pino caribe. El pino caribe ha mostrado un alto de adaptabilidad en las condiciones ecológicas de la región que se refleja en las

grandes extensiones que se han venido plantando con esta especie en las sabanas orientales del país desde los años 60.

El Pino Caribe (*Pinus caribae*) tiene un color en su condición natural, amarillo pálido en la albura y Marrón rojizo en el duramen, si ha recibido tratamiento con algún preservante, adopta fácilmente el color de este. Tiene una textura de grano grueso y recto, con presencia de irregularidades en la orientación de las fibras alrededor de los nudos. Sus anillos de crecimiento se presentan claramente definidos.

Su densidad básica se presenta alrededor de 0.48 g/cm³. Sus contracciones oscilan alrededor de los siguientes valores:

Tangencial: 3.44%

Radial: 2.02%

Longitudinal: 0.14%

Volumétrica: 6.10%

Relación T/R: 1.10

2.8.1. Características:

- Rápido crecimiento, permite la rotación de plantaciones entre cada 10 a 20 años.
- 60% de la madera es de calidad óptima (leño duro).
- Es sumamente liviana y sencilla de transportar.
- Fácil de aserrar por su baja densidad.
- Acepta tanto trabajo manual como mecanizado.
- Alta absorción de preservantes hidrosolubles por presión.
- Baja durabilidad si no es tratada correctamente con los preservantes.
- Alabeos por contracción longitudinal.
- Buen secado al aire libre y excelente al horno.

- Madera proveniente de plantaciones de desarrollo sostenible, lo cual garantiza su continua disponibilidad en grandes volúmenes sin generar impacto biológico.
- Alta capacidad de industrialización por parte de aserrados.

Estas definiciones contribuirán aportando información teórica sobre las propiedades y características constructivas que tiene la madera de pino caribe (*Pinus caribaea*), utilizada como material principal en el proyecto, de esta manera evaluar su capacidad resistente y pueda ser aplicada en la construcción durante el proceso de desarrollo de las casas prefabricadas

2.8.2. Trabajabilidad

- Aserrado: es una madera fácil de aserrar, debido a su relativamente baja densidad, aunque al presentarse altos contenidos de resina asociada con los nudos, esta puede ocasionar impregnación en los filos de las herramientas cortantes, dificultando el proceso de corte.
- Cepillado: tiene tendencia a presentar durante el cepillado el defecto conocido como “grano arrancado” en la zona cerna de los nudos, a causa de la mayor densidad de la madera y a la diferente orientación del grano en estas zonas, sin embargo este defecto se puede minimizar con un correcto igualado de las cuchillas y manteniendo la baja velocidad de alimentación de la máquina para reducir el avance por cuchilla.
- Lijado: esta operación puede presentar cierta dificultad debido a que el Pino Caribe tiene una textura gruesa que implica un desbaste profundo de la superficie para lograr una tersura aceptable. Particularmente presenta inconvenientes en zonas con nudosidades y/o presencia de bolsas de resina, sin embargo, se puede calificar de lijar.

- Corte transversal: se debe cuidar en tener una superficie de apoyo continua en la cara inferior del corte, pues de lo contrario es frecuente observar desgarramiento de las fibras en los extremos de las piezas, que luego es muy difícil eliminar sin realizar un nuevo corte.
- Encolado: se comporta muy bien ante el uso de adhesivos comúnmente usados para madera, aunque siempre trabajando el contenido de humedad de equilibrio y logrando una película de cola uniforme y fina, aunque para esta madera se requieren mayores cantidades de cola que para maderas más densas, debido a que los espacios inter e intracelulares son mucho mayores.

2.8.3 Ensayos mecánicos

Los ensayos mecánicos de flexión estática, compresión paralela a las fibras, dureza Janka, corte paralelo a las fibras, tracción perpendicular a las fibras, clivaje o rajadura, se pueden realizar con diversas Normas, tales como IRAM, DIN (32), ASTM (33), etc. Los mismos se ensayan en una máquina universal de ensayos.

2.8.4 Flexión estática

Una madera está sometida a la flexión estática cuando sobre ella, ejercen cargas en forma lenta que tienden a curvarla. Las maderas en uso, generalmente están solicitadas por cargas o fuerzas que tienden a flexionarlas. El esfuerzo de flexión ocurre en piezas de gran longitud respecto a su sección transversal, la acción de la carga normal a su eje longitudinal provoca una curvatura. Se producen tres esfuerzos fundamentales:

1- Esfuerzo de compresión que producen un acortamiento longitudinal en la parte superior;

2- Esfuerzo de tracción que producen un alargamiento en la parte inferior;

3- Esfuerzo de corte o cizalle en el centro. La combinación de los dos primeros esfuerzos origina en la pieza de madera una concavidad en la zona de compresión y convexidad en la zona de tracción.

Los ensayos de flexión estática pueden realizarse según las siguientes Normas: Norma DIN (32) que establece las siguientes dimensiones de las probetas: sección cuadrada de 2 cm de lado; longitud total de 36 cm; distancia entre apoyos de 30 cm. La carga debe ser aplicada tangencialmente a los anillos de crecimiento, a una velocidad de 400 a 500kg/cm² por minuto.

Norma IRAM 9545(34), exige probetas de 2 cm de altura por 2 cm de base y 34 cm de largo y la velocidad de carga de la maquina sin la probeta debe estar regulada, de manera que, el cabezal móvil avance a 5 mm/minuto.

Norma ASTM (33), las probetas deben tener una sección de 5 cm por 5 cm y largo de 76 cm. Como se ve, requiere una gran cantidad de material respecto a las Normas anteriores, que son las más utilizadas. Para este ensayo es necesario un flexómetro o deflectómetro con precisión de 0,01 mm. Para medir las flechas. Cuando se realizan los ensayos de flexión estática se debe tomar las cargas y las deformaciones que va sufriendo la madera hasta la carga de rotura, luego se traza la curva carga-deformación para obtener la carga en el límite proporcional y la flecha o deformación en el límite elástico. Se presentan tres esfuerzos en este ensayo:

- Esfuerzo de compresión. Produce un acortamiento longitudinal en la parte superior.
- Esfuerzo de tracción. Produce un alargamiento en la parte inferior.
- Esfuerzo de corte o cizallamiento. Se produce en el centro.

2.8.5 Módulo de rotura a la flexión estática MOR

El módulo de rotura se calcula con la ecuación:

Formula 3

$$\text{MOR} = 3PL/2bh^2$$

Siendo:

MOR = módulo de rotura, en kg/cm²

P = Carga de rotura, en kg.

L = Longitud entre apoyos, en cm.

b = Base, en cm.

h = Altura, en cm.

2.8.6 Módulo de elasticidad a la flexión estática MOE

La carga en el límite proporcional y la deformación se determina con la ayuda de las curvas de elasticidad para cada probeta ensayada,

El módulo de elasticidad se calcula con la siguiente ecuación:

$$\text{MOE} = P'L^3/4bh^3f \quad \text{Ecu. 4}$$

Siendo:

MOE = Modulo de elasticidad, en kg/cm²

.P' = Carga en el límite proporcional elástico, en kg.

L = Longitud entre apoyos, en cm.

b = Base, en cm.

h = Altura, en cm.

f = Deformación, en cm.

Probetas para determinar resistencia a la flexión estática. DIN (32).
IRAM 9545(32).

2.8.7 Módulo de elasticidad

- El MOE indica la medida de rigidez de una madera
- Las maderas que presentan MOE elevado son las más indicadas para la construcción

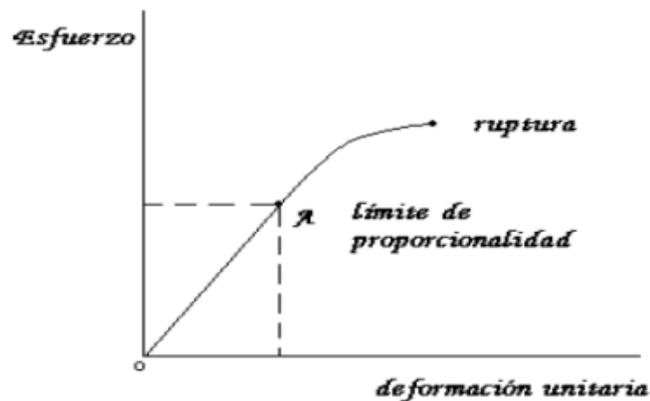


Figura 8 Diagrama Esfuerzo-Deformación

Fuente: Pérez 1983

2.8.8 Compresión longitudinal o paralela a las fibras.

La resistencia a la compresión en el sentido longitudinal es de 5 a 8 veces mayor que la compresión perpendicular. Para determinar la resistencia a la compresión axial o paralela a las fibras pueden utilizarse probetas con dimensiones según establecen las Normas IRAM, DIN, AFNOR, ASTM, COPANT, etc. Estas dos últimas utilizan probetas con sección transversal de 5cm por 5 cm, mientras que las anteriores adoptan sección de 2 cm por 2 cm y 6 cm de largo. A continuación, se describen las más utilizadas.

Norma DIN (32), utiliza probetas de sección cuadrada de dos centímetros de lado y seis centímetros de longitud. La velocidad de avance del cabezal es de 0.6 milímetro por minuto.

Norma IRAM 9541 (35), las probetas deben tener una sección de 2 cm por 2cm, largo 6 cm, libre de defectos y contenido de humedad del 12 %. La velocidad de avance del cabezal aproximadamente de 0.6 mm/min. Se coloca un compresómetro que indicará las deformaciones que se irán produciendo con las distintas cargas. Con estos datos se realiza el diagrama carga-deformación para obtener la carga y la deformación en el límite de proporcionalidad.

La tensión de rotura se determina según la ecuación (1.4):

$$\text{MOR} = P/S \quad \text{Ecu. 5}$$

Siendo:

MOR = Modulo de rotura, en kg/cm²

.P = Carga de rotura, en kg.

S = Sección, en cm²

2.8.9 Módulo de elasticidad a la compresión

Para determinar el módulo de elasticidad a la compresión, se dibujan la curva de elasticidad para cada probeta ensayada, con el fin de obtener de ellas, las cargas y deformaciones en el límite proporcional.

La ecuación para calcular es la siguiente:

$$\text{MOE} = P' L_p / S_f \quad \text{Ecu 6}$$

Siendo:

MOE = Modulo de elasticidad, en kg/cm²

P' = Carga en el límite proporcional elástico, en kg.

L_p = Longitud de la probeta, en cm.

S = Sección de la probeta, en cm^2

f = Deformación, en cm.

2.9 Requisitos de resistencia

2.9.1. Flexión

Los esfuerzos de compresión o de tracción producidos por flexión, σ_m no deberá exceder el esfuerzo admisible, f_m , para el grupo de madera especificado. Los esfuerzos pueden incrementarse en un 10% al diseñar entablados o viguetas si hay una acción de conjunto garantizada, y podrá utilizarse los valores de la columna (b) de la Tabla 1.

Tabla 1 Esfuerzo máximo admisible según el grupo de madera

GRUPO MADERA	(a) f_m	(b) $1.1 f_m$
	(MPa)	
A	21.0	23.1
B	15.0	16.5
C	10.0	11.0

Fuente: Guía práctica de Diseño de Estructuras de Madera NEC (2015)

El máximo esfuerzo normal se produce en la fibra más alejada del plano neutro, para elementos cargados en la dirección de uno de los ejes principales de la sección.

$$|\sigma_m| = \frac{|M|}{Z} < f_n \quad \text{ecu. 7}$$

a) Sección Transversal.

b) Distribución de esfuerzos normales producidos por flexión.

$$I = \frac{bh^3}{12} \quad \text{Ecu. 8}$$

$$c = \frac{h}{2} \quad \text{Ecu. 9}$$

$$Z = \frac{bh^2}{6} \quad \text{Ecu. 10}$$

$$|\sigma_m| = \frac{6|M|}{bh^2} < f_m \quad \text{Ecu. 11}$$

Dónde:

M = Momento aplicado.

I = Momento de inercia de la sección transversal con relación al eje del cual se produce la flexión.

C = Distancia del plano neutro a la fibra más alejada.

Z = Correspondiente al módulo de la sección.

f_m = Esfuerzo admisible de la madera.

b = Base de la sección transversal.

h = Altura de la sección trasversal.

2.9.2 Cálculo de la estructura (pórtico seleccionado para flexión)

2.9.2.1 Diseño a Corte

Los esfuerzos cortantes, τ , no deben exceder el esfuerzo máximo admisible para corte paralelo a las fibras, f_v , para el grupo de madera especificado y seleccionado.

Tabla 2 Esfuerzo máximo admisible para corte paralelo a las fibras f_v (MPa)

GRUPO MADERA	(a)	(b) 1.1
	(MPa)	
A	1.50	1.65
B	1.20	1.32
C	0.80	0.88

Fuente: Guía práctica de Diseño de Estructuras de Madera NEC (2015)

Los esfuerzos pueden incrementarse en un 10% al diseñar entablados o viguetas si hay una acción de conjunto garantizada, y podrá utilizarse los valores de la columna (b) de la Tabla 2. La resistencia al corte en la dirección perpendicular a las fibras es mucho mayor y por lo tanto no requiere verificarse. El esfuerzo de corte en una sección transversal de un elemento sometido a flexión y a una cierta distancia del plano neutro puede obtenerse mediante.

$$\tau = \frac{3 V}{2 b h} < f_v$$

Ecu. 12

V = Esfuerzo de la madera a corte (kg).

τ = Esfuerzo de la madera a corte (MPa).

b = Base de la sección (cm).

h = Altura de la sección (cm).

2.9.3 Cálculo de la estructura (pórtico seleccionado para corte en vigas)

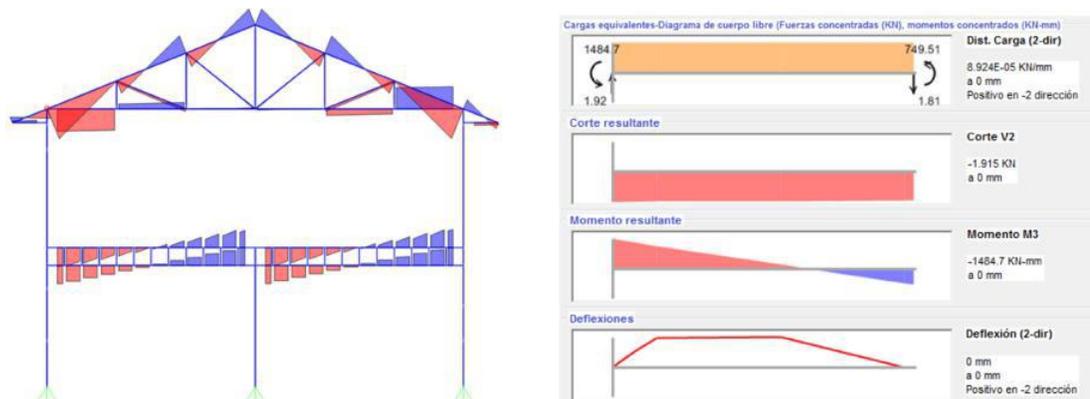


Figura 9 Pórtico estructural de madera

Fuente: Guía práctica de Diseño de Estructuras de Madera NEC (2015)

$$\tau = \frac{3 V}{2 b h} < f_v$$

■

13

$$\tau < 1.2 \text{ MPa}$$

■

Nota: Para una viga de sección rectangular, el máximo esfuerzo de corte resulta: si el elemento está apoyado en su parte inferior y cargado en su parte superior, las reacciones introducen compresiones en la dirección perpendicular a las fibras. En tal caso, exceptuando cuando se trata de

volados, es suficiente verificar la resistencia al corte en secciones ubicadas a una distancia de los apoyos, como se muestra en la Figura 9.

2.9.4 Esbeltez, clasificación de columna, esfuerzos admisibles y módulo de elasticidad

$$\lambda = \frac{l_{efx}}{d} \quad \text{Ecu. 14}$$

Esbeltez en sentido X-X

$$\lambda_X = \frac{l_{ef}}{d} \quad \text{Ecu. 15}$$

Nota: Se analizara la columna A, y en el sentido X-X, ya que esta presentara una mayor deformación en esta dirección.

Tabla 3 Esfuerzos máximos admisibles.

Esfuerzos máximos admisibles.			
GRUPO	(MPa)		
MADERA	f_c	f_t	f_m
A	14.5	14.5	21.0
B	11.0	10.5	15.0
C	8.0	7.5	10.0

Fuente: Guía práctica de Diseño de Estructuras de Madera NEC (2015)

Dónde:

f_m = Esfuerzo admisible a flexión.

f_t = Esfuerzo admisible a tracción paralela.

f_c = Esfuerzo admisible a compresión paralela.

2.9.5 Módulo de elasticidad.

En la siguiente tabla se presenta los valores de elasticidad E_{min} , que debe usarse en el diseño de columnas y el $E_{promedio}$ que debe usarse en el diseño de entramados.

Tabla 4 Módulo de elasticidad para diseño de columnas y entramados

GRUPO MADERA	Módulo de elasticidad (MPa)	
	Columnas	Entramados
A	9500	13000
B	7500	10000
C	5500	9000

Fuente: Guía práctica de Diseño de Estructuras de Madera NEC (2015)

2.10 Columnas: Diseño por esfuerzos admisibles por flexo compresión.

Los elementos deben diseñarse para satisfacer la siguiente expresión:

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

Ecu. 16

Dónde:

A = Área de la sección transversal.

E = Modulo de elasticidad.

f_m = Esfuerzo admisible a flexión.

Z = Módulo de la sección transversal con respecto al eje alrededor del cual se produce la flexión.

$|M|$ = Momento flector máximo en el elemento (valor absoluto).

N_{adm} = Carga axial máxima admisible.

K_m = Factor de magnificación de momentos debido a la presencia de la carga axial.

La carga crítica de Euler para pandeo en la dirección en que se aplican los momentos en flexión (N_{cr}), se calcula mediante:

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

Ecu. 17

2.10.1. Calculo de factor de magnificación de momentos “ K_m ”

Factor de magnificación de momentos debido a la presencia de la carga axial (K_m)

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

Ecu. 18

Dónde:

N = Carga axial aplicada.

N_{cr} = Carga crítica de Euler para pandeo en la dirección en que se aplican los momentos en flexión.

2.10.2 Chequeo por esfuerzos admisibles por flexo compresión.

La columna debe satisfacer la siguiente ecuación.

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

Ecu. 19

2.10.3 Columnas: Diseño por esfuerzos admisibles por flexo tracción.

Los elementos deben diseñarse para satisfacer la siguiente expresión:

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

Ecu. 20

Dónde:

$|M|$ = Momento flector máximo en el elemento (valor absoluto).

A = Área de la sección transversal.

f_t = Carga axial máxima admisible.

f_m = Esfuerzo admisible a flexión.

N = Carga axial aplicada.

Z = Módulo de la sección transversal con respecto al eje alrededor del cual se produce la flexión.

2.11 Casas prefabricadas

De acuerdo con Saiz (2017), a lo largo de su historia la casa fabricada no solo ha visto una evolución en los sistemas de producción sino también en la terminología empleada. Los nombres se cargan de connotaciones con su uso. La casa prefabricada se asocia hoy en día con soluciones de bajo coste y baja calidad para situaciones de emergencia. La palabra “prefabricado” quedó indeleblemente marcada con la memoria distante de la austeridad de posguerra, cuando los servidores de la patria regresaron para empezar una vida civilizada con sus familias en casas prefabricadas erigidas en emplazamientos bombardeados.

Actualmente, la reactivación del interés por la arquitectura prefabricada o industrializada, lleva consigo una redefinición de términos, con

la posible intención de realizar en cierto modo un lavado de imagen que le alejen de un pasado de negativas percepciones, pero fundamentalmente, con la intención de establecer una nueva forma de pensar con respecto a la construcción, en la búsqueda de la optimización de los procesos y los productos. (p.5)

Casas prefabricadas, casas en serie, casas modulares, construcción off-site, casa industrializada, son los términos que usualmente se aplican a viviendas cuya producción está ligada con la búsqueda de una optimización de los procesos, haciendo mayor o menor uso de la industria. El término prefabricación se ha ido aplicando con cierta levedad a cualquier método constructivo que difiriese significativamente de los métodos tradicionales.

Esta investigación brindará un modelo específico de casas construidas con madera, el cual servirá como base para el desarrollo del modelo propio que se desea realizar en este proyecto con ayuda del programa AutoCAD-2014, para el diseño de una casa unifamiliar y sus planos de detalle.

2.12 Normas ASTM de los ensayos de madera

Charles B. Dudley (1898), es la mayor organización científica y técnica para el establecimiento y la difusión de normas relativas a las características y prestaciones de materiales, productos, sistemas y servicios. La misma ASTM en su página web oficial, se define de la siguiente manera: Somos una organización sin fines de lucro que proporciona un foro para el desarrollo y publicación de estándares de consenso voluntario internacional para materiales, productos, sistemas y servicios.

Los miembros voluntarios representan a productores, usuarios, consumidores, gobiernos e instituciones académicas de más de 140 países. Desarrollan documentos técnicos que son la base de la fabricación, gestión,

adquisición, códigos y regulaciones para docenas de sectores de la industria. Los códigos utilizados dentro del proyecto para el análisis de la madera de pino caribe (*Pinus caribaea*) son los siguientes:

ASTM D 9 a 05: Estándares de terminología relacionada con madera y productos basados en madera.

ASTM D143: definen los métodos de ensayo para determinar las propiedades mecánicas, incluyendo la resistencia a la flexión, resistencia a la tracción y resistencia a la cizalla de la madera.

ASTM D 905: Método de prueba estándar para la evaluación de uniones adhesivas usadas en la madera.

ASTM D 906: Trata acerca de las propiedades de resistencia de los adhesivos para un tipo de contrachapado usado en construcción sometido a corte por tensión.

ASTM D 1037-06A: Métodos de prueba estándar para la evaluación de las propiedades de la fibra de base-madera.

ASTM D 3044-Metodo 94: Prueba estándar para el módulo de corte basado en paneles de madera estructural.

ASTM D 3500-90: Métodos de prueba estándar para paneles de madera estructurales a tensión.

Este proyecto se basó en la norma ASTM D143. El aporte de esta definición dentro de la investigación es el análisis de las propiedades físicas y mecánicas de la de madera de Pino Caribe (*Pinus caribaea*), para la resistencia a tracción, resistencia a compresión paralela y perpendicular a la fibra, módulo de elasticidad y resistencia a la corte paralela a la fibra (cizallamiento) de los elementos estructurales

CAPÍTULO III

MARCO METODOLOGICO

3.1 Tipo de investigación

El presente trabajo está enmarcado como investigación descriptiva y documental, ya que aplicando las normas ATSM, se evaluó la resistencia del Pino Caribe como material constructivo, aplicado para el desarrollo de la construcción a partir de la producción de casas prefabricadas con madera de este tipo, de manera que el resultado de esta investigación sea base para la formulación de nuevas hipótesis.

Según Arias (2006), la investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere. Por otra parte, define la investigación documental como el proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica, así como también interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores, en fuentes documentales, en el cual el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos.

3.2 Nivel de la investigación.

Con el propósito de cumplir todos los objetivos, se da a conocer un diseño de investigación el cual, de manera práctica, ayudó a establecer un orden para la realización y el cumplimiento de dichos objetivos en estudio, determinado a través de la investigación recaudada de diferentes fuentes de información, la cual consistió en la recolección de datos directamente de la realidad sin manipulación de variables, de manera que el nivel de diseño de investigación es descriptiva al destacar en el contenido de sus objetivos la descripción de las características de la madera proveniente del Pino Caribe y las casas prefabricadas intentando captar, reconocer y evaluar sus capacidades resistentes.

Según Sabino (1992), deben clasificarse como investigación descriptiva los diagnósticos que realizan consultores y planificadores: ellos parten de una descripción organizada y lo más completa posible de una cierta situación y luego pasan a ofrecer recomendaciones o trazar proyecciones acerca de su desenvolvimiento futuro. (p.60).

3.3 Técnicas a utilizar

3.3.1 Revisión bibliográfica

Se realizó la consulta de libros como los de Johnston, D. (1999) "La Madera, clases y características", y las normas como lo son: ASTM D 1037-06A "Métodos de prueba estándar para la evaluación de las propiedades de la fibra de base-madera", ASTM D143 "Definen los métodos de ensayo para determinar las propiedades mecánicas, incluyendo la resistencia a la flexión, resistencia a la tracción y resistencia a la cizalla de la madera", además de la revisión de tesis, trabajos, leyes y el uso de internet, como fuente de información para la

obtención de datos o recolección de información documental acerca del tema de investigación.

3.3.2 Análisis matemáticos

A partir de las revisiones bibliográficas e información obtenida, se procedió a analizar la información a través de las normas ATSM D143 y lo establecido en los apuntes sobre el diseño y cálculo de estructuras de madera según José M. Cabrero (2009), posteriormente se llevó a cabo el diseño de la vivienda modelo de tipo unifamiliar en el programa AutoCAD 2014 para lograr presentar los planos detallados de la propuesta, resultado de la evaluación del Pino Caribe como material constructivo para uso estructural.

3.3.3 Herramientas y Equipos

Las herramientas y equipos a utilizar para llevar a cabo esta investigación son los siguientes: computadoras, memorias USB, software de dibujo y cálculo comerciales como AutoCAD. Con la finalidad de agilizar los procedimientos de estudios para diseño y cálculo de casas prefabricadas de madera de pino caribe.

- **Memoria USB:** Utilizado para el resguardo de la información tales como los diferentes manuales y normas recopiladas de las referencias bibliográficas e información documental, relacionada con el diseño de puentes.
- **Software:** Microsoft Word, ayudará a transcribir, guardar, corregir y presentar en digital toda la información recolectada para el desarrollo de esta investigación y el programa AutoCad 2014 que permitirán el análisis y recolección de los datos para la elaboración de la ingeniería de detalle en los objetivos planteados.

3.3.4 Etapas de la investigación

Etapa I. Revisión bibliográfica

En esta etapa se llevó a cabo la recolección de información relacionada con el tema en estudio. Se examinaron trabajos de investigación en donde aplicaron el Pino Caribe como material de construcción. Se utilizaron libros como los de Johnston, D. (1999) “La Madera, clases y características”, y las normas como lo son: ASTM D 1037-06A “Métodos de prueba estándar para la evaluación de las propiedades de la fibra de base-madera”, ASTM D143 “Definen los métodos de ensayo para determinar las propiedades mecánicas, incluyendo la resistencia a la flexión, resistencia a la tracción y resistencia a la cizalla de la madera” y en manuales y fuentes bibliográficas electrónicas que fueron de utilidad para poder desarrollar de manera adecuada los objetivos establecidos y poder realizar la investigación.

Se buscó información referente a la resistencia del pino caribe y las diferentes propiedades de este material que se toman en cuenta para su posterior cálculo estructural, se definieron, los procedimientos que se deben llevar a cabo para evaluar la capacidad resistente del Pino Caribe como material constructivo de casas prefabricadas en un urbanismo en la zona industrial del municipio Anaco estado Anzoátegui.

Duración: 21 semanas

Etapa II. Identificación de las características de la madera de pino caribe (*Pinus caribaea*) como material constructivo para uso estructural.

En el desarrollo de esta etapa se procedió a identificar características encontradas en la búsqueda de información obtenida

sobre la madera de Pino Caribe como material constructivo para uso estructural, con el objetivo de visualizar la gama de características constructivas que están desplegadas en este tipo de madera, estudiando sus propiedades físicas y mecánicas según la norma internacional ATSM D143.

Duración: 4 semanas

Etapa III. Análisis las propiedades físicas y mecánicas de la madera de pino caribe (*Pinus caribaea*), para la resistencia de los elementos estructurales mediante la norma ASTM D143.

Establecidas las características del Pino Caribe como material constructivo para uso estructural a evaluar en el proyecto, se procedió a analizar las propiedades físicas y mecánicas existentes, realizados previamente para la resistencia a tracción, a compresión, módulo de elasticidad y resistencia al corte de los elementos estructurales, basados en las normas ASTM D143.

Duración: 6 semanas

Etapa IV. Diseño de una casa unifamiliar, utilizando como material principal la madera de pino caribe (*Pinus caribaea*).

En esta etapa del proyecto, se planteó el diseño una casa unifamiliar utilizando la madera de Pino Caribe como material principal para uso estructural. Para lograr esta etapa se tomó en cuenta las propiedades físicas y mecánicas de los ensayos realizados de acuerdo la norma ATSM D143, como lo establecido en los apuntes sobre el diseño y cálculo de estructuras de madera según DB SE-M. José M. Cabrero (2009)

Duración: 9 semanas

Etapa V. Comparación de la rentabilidad económica de las estructuras de madera de Pino Caribe y las estructuras tradicionales, mediante la elaboración de sus respectivos presupuestos.

Con esta quinta etapa se desea exponer las ventajas económicas que traerían consigo las construcciones de madera. Se realizaron los análisis de precio unitario (APU) de cada una, estructuras tradicionales y estructuras de Pino Caribe respectivamente, para poder elaborar un presupuesto base para cada uno y finalmente comparar ambos presupuestos, para la obtención de los precios se acudió a las fuentes directas, es decir los proveedores de dichos materiales, exponiendo cual ofrece más factibilidad económica.

Duración: 4 semanas

Etapa VI. Redacción y Presentación del Trabajo de Grado.

Para finalizar, en esta etapa se ordenó la información derivada de las etapas previas; subsiguientemente, se hizo entrega del trabajo de grado a la comisión de trabajo de grado de Ingeniería Civil de la Universidad de Oriente, y se llevó a cabo la presentación y defensa.

Duración: 21 Semanas

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Identificación de las características del Pino Caribe (*Pinus caribaea*) como material constructivo para uso estructural.

Para definir las características del pino caribe se debió conocer de manera detallada su taxonomía, descripción morfológica, ubicación geográfica y proceso de acabado del mismo, especificando su uso como material de construcción, además de identificar los elementos necesarios para el sistema de armado estructural. A continuación se describen las características del Pino Caribe (*Pinus caribaea*).

➤ Nombre científico y taxonomía

***Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Sénécl.) W. H. Barrett & Golfari**

Sinónimos: ***Pinus hondurensis* Loock.**

El nombre más común utilizado en Venezuela es Pino Caribe.

➤ Descripción morfológica

Porte del Árbol: Es un árbol que puede crecer hasta 45 m de altura, tronco cilíndrico, recto o ligeramente encorvado. El tronco mide en promedio 45 cm de diámetro a la altura del pecho, aunque se puede llegar hasta 100 cm.



Figura 10 Altura del árbol de Pino Caribe (*Pinus caribaea*)

Fuente: Maderas La Rola Copyright (2019)

Corteza: Es rugosa, gruesa y de color café rojiza con placas ásperas y con fisuras profundas verticales y horizontales



Figura 11 Corteza del Pino Caribe (*Pinus caribaea*)

Fuente: Catalogo Fordaq S.A (2019)

Hojas: Existen por lo regular 3 hojas o agujas por fascículos, gruesas, rígidas, erectas, verde amarillentas, de 15 a 25 cm.



Figura 12 Hojas del Pino Caribe (*Pinus caribaea*)

Fuente: Catalogo Fordaq S.A (2019)

Estróbilos: Los conos o “frutos”, conocido también como estróbilos, son grandes de 4 cm a 12 cm de largo y de 3.5 cm a 6 cm de ancho y con pedúnculo de 6 mm a 14 mm de largo. Los estróbilos no persisten en las ramas una vez se han liberado las semillas.



Figura 13 Frutos del Pino Caribe (*Pinus caribaea*)

Fuente: Galería los Pinares (2017)

➤ **Distribución geográfica en Venezuela**

El bosque de Uverito, también conocido como las plantaciones de Uverito, es el paño forestal artificial más grande del mundo plantado por el hombre con alrededor de 600 mil hectáreas en plantaciones de Pino Caribe. Abarca los estados Anzoátegui y Monagas de Venezuela.



Figura 14 Plantaciones de Uverito

Fuente: Catalogo, aserradero de taguanes (2018)



Figura 15 Ubicación del bosque de Uverito

Fuente: Geografía y naturaleza (2012)

4.1.1 Caracterización y propiedades de la madera

La madera como material complejo, posee características que dependen no solo de su composición sino también de su constitución o de la manera en que estén colocados los elementos que lo forman.

Propiedades Físicas: Son aquellas que determinan su comportamiento ante los distintos factores que intervienen en el medio ambiente normal, sin producir ninguna modificación química de su estructura. Además dependen de la dirección del esfuerzo o trabajo en relación con sus fibras, pues la madera tiene tres ejes de simetría perpendiculares entres sí, longitudinal o paralelo a la veta, tangencial y radial.

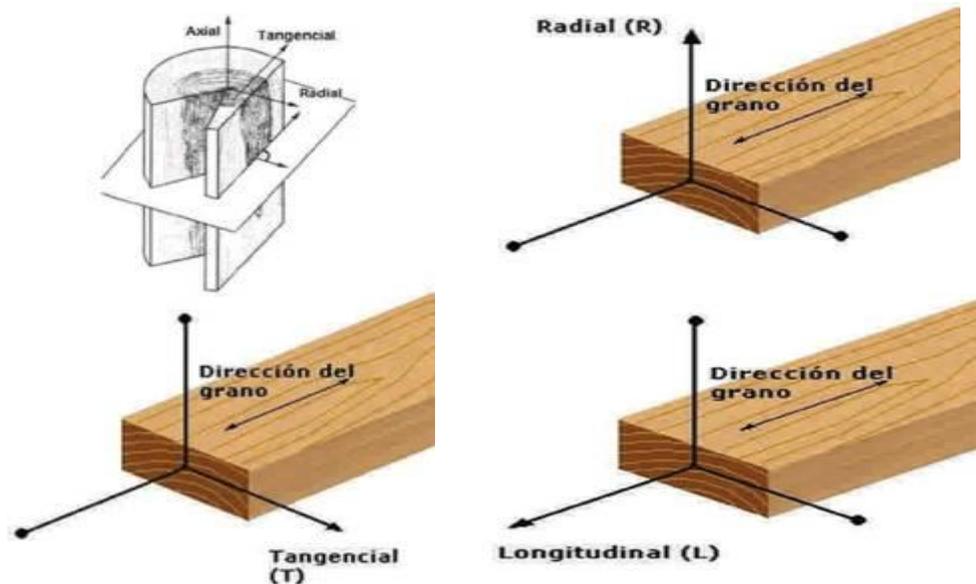


Figura 16 Eje tangencial, radial y longitudinal de una pieza de madera

Fuente: Guzman, 1990

Propiedades mecánicas: Según Sotomayor (2002), las características mecánicas de la madera encuentran su aplicación en el diseño de estructuras. En la actualidad, el ingeniero y el arquitecto pueden considerar que la madera funciona mecánicamente como un sólido elástico que obedece a las leyes de la resistencia de materiales y que, dentro de ciertos límites de calidad y variabilidad, puede ser un material confiable para su incorporación en el proceso constructivo. Se han considerado como propiedades mecánicas:

- Resistencia a la tracción paralela y perpendicular a la fibra.
- Resistencia a la compresión paralela y perpendicular a la fibra.
- Resistencia a flexión.
- Resistencia al cortante.

➤ Usos de la madera

Es utilizada en construcción general, especialmente para ventanas, muebles de cocina, artesanías, postes para tendido de redes telefónicas y eléctricas, laminas para contrachapados, puentes, carpintería, pisos, estructuras de barcos, carrocerías, mangos para herramientas, encofrados, tableros de fibras y partículas, papel kraft, cartón corrugado y papel periódico.

El estudio de este proyecto está enfocado en la construcción de viviendas prefabricadas, construidas con vigas y columnas de madera de Pino Caribe (*Pinus caribaea*). El modelo de estas viviendas será aplicado en un urbanismo, específicamente en la zona industrial del municipio Anaco Estado Anzoátegui. A pesar de que existe una gran variedad de materiales para la construcción de viviendas, debido a la escasez en Venezuela y la difícil adquisición de estos recursos, se escogió el Pino Caribe manejado por el estado nacional y para la evaluación de su resistencia, siendo este estudio de un gran aporte al proyecto.

El desarrollo de esta actividad se rige por lo estipulado en la norma ASTM D143, como lo establecido en los apuntes sobre el diseño y cálculo de estructuras de madera según DB SE-M. José M. Cabrero (2009), donde define que la madera: Es un material no homogéneo, con un comportamiento desigual según la dirección que se analice, paralela y perpendicular a las fibras. Sus propiedades físicas y mecánicas dependen de la dirección del esfuerzo aplicado en relación con la orientación de las fibras que la constituyen.

Por lo anteriormente mencionado se define paso a paso el proceso de aserrado de la madera, la tala es la primera operación que recibe el Pino Caribe para su uso, una vez talado, la madera es preparada para pasar por

diferentes etapas y obtener parte de los materiales que ofrece un aserradero que son las tablas, tablones, vigas entre otros, como se pueden observar a continuación:

➤ **Proceso de aserrado de la madera**

Tronzado: Consiste en el corte de las trozas para facilitar la manipulación y adecuar la longitud de las trozas a la longitud de la madera aserrada. Los trozas tienen un largo comprendido entre 2.52 mts y 3.36 mts y se ordenan por su diámetro entre 16 cm y 24 cm.



Figura 17 Trozas de Pino Caribe (*Pinus caribaea*)

Fuente: Galería los Pinares (2017)

Descortezado: Consiste en eliminar toda la corteza de las trozas mediante cuchillas hidráulicas o por fricción de forma manual dependiendo del diámetro de las trozas.



Figura 18 Descortezado del Pino Caribe (*Pinus caribaea*)

Fuente: Aula Virtual (2015)

Aserrío de Trozas: Consiste en presentar la troza a la sierra principal para su aserrado, se corta en su mayor longitud recta admisible con una sierra troncadora, cargándola luego en el carro de la sierra principal y colocándola de forma que el aserrador pueda efectuar un tipo de aserrío que permita la máxima producción de madera aserrada con el mínimo de desperdicio.

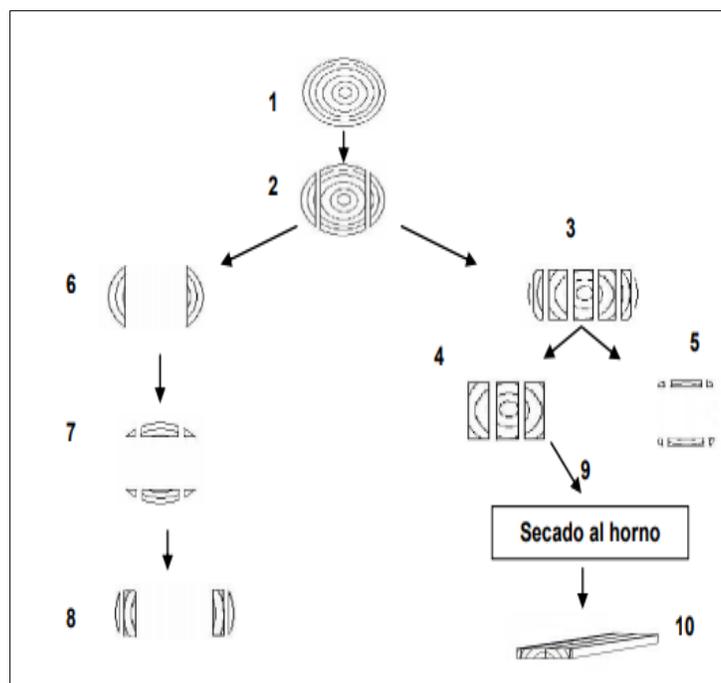


Figura 19 Esquema para la producción de madera. para la construcción

Fuente: Revista Forestal (2006)

Selección y Clasificación: La madera aserrada y recortada se clasifica por espesor, ancho, largo, calidad, grado y especie, según la calidad general, dirección de la fibra, presencia de nudos y defectos, así como apariencia general, las exigencias del mercado, entre otros.



Figura 20 Tablas de diferentes dimensiones

Fuente: Catalogo Allbiz (2010)



Figura 21 Vigas de madera para construcción

Fuente: Beatriz Argüeso (2018)

Secado: El secado en horno, permite que la madera aserrada se seque en un medio ambiente cerrado y controlado, donde puede regularse la temperatura, la circulación del aire y la humedad para conseguir unas condiciones de secado lo más económicas posible sin dar lugar a que se degrade el producto.



Figura 22 Secado de Madera en Horno

Fuente: Catalogo Mahild (2007)

Al terminar el proceso de aserrado surgen diferentes tipos de secciones (tablas, tablones, vigas, viguetas, listones, entre otros) que finalmente son las que se comercializan, estos elementos resultan importantes en construcciones donde el material principal es la madera. Las siguientes tablas muestran las dimensiones comerciales de las tablas, tablones y vigas de madera de Pino Caribe (*Pinus caribaea*) que podemos encontrar en los distintos centros de distribución a nivel nacional.

Tabla 5 Dimensiones normales de las tablas de madera

Grueso (in)	Ancho (in)	Largo (in)	Grueso (cm)	Ancho (cm)	Largo (cm)
1	4	8	2.5	10	243.84
1	6	8	2.5	15	243.84
1	8	8	2.5	20	243.84
1	10	8	2.5	25	243.84
1	12	8	2.5	30	243.84
1	4	10	2.5	10	304.48
1	6	10	2.5	15	304.48
1	8	10	2.5	20	304.48
1	10	10	2.5	25	304.48
1	12	10	2.5	30	304.48

Fuente: Campos y Carrasquel (2022).

Tabla 6 Dimensiones normales de los tablonos de madera

Grueso (in)	Ancho (in)	Largo (in)	Grueso (cm)	Ancho (cm)	Largo (cm)
1 ½	4	8	3.75	10	243.84
1 ½	6	8	3.75	15	243.84
1 ½	8	8	3.75	20	243.84
1 ½	10	8	3.75	25	243.84
1 ½	12	8	3.75	30	243.84
1 ½	4	10	3.75	10	304.8
1 ½	6	10	3.75	15	304.8
1 ½	8	10	3.75	20	304.8
1 ½	10	10	3.75	25	304.8
1 ½	12	10	3.75	30	304.8
2	4	8	5.0	10	243.84
2	6	8	5.0	15	243.84
2	8	8	5.0	20	243.84
2	10	8	5.0	25	243.84
2	12	8	5.0	30	243.84
2	4	10	5.0	10	304.8
2	6	10	5.0	15	304.8
2	8	10	5.0	20	304.8
2	10	10	5.0	25	304.8
2	12	10	5.0	30	304.8

Fuente: Campos y Carrasquel (2022).

Tabla 7 Dimensiones normales de las vigas de madera

Grueso (in)	Ancho (in)	Largo (ft)	Grueso (cm)	Ancho (cm)	Largo (cm)
3	6	16	7.5	15	478.68
3½	6	16	8.75	15	478.68
3½	6	20	8.75	15	609.6
3½	8	12	8.75	20	365.48
3½	8	14	8.75	20	426.48
3½	8	16	8.75	20	487.65
3½	8	18	8.75	20	548.64
3½	8	20	8.75	20	609.6
3½	8	34	8.75	20	609.6
3½	8	28	8.75	20	609.6
3½	8	32	8.75	20	609.6
4	8	12	10	20	365.48
4	8	16	10	20	487.65
4	8	18	10	20	548.64
4	8	20	10	20	609.6

Fuente: Campos y Carrasquel (2022).

La madera es un material con el que se puede construir por completo una casa, con la combinación de tablas, tablones y vigas se elaboran desde las fundaciones, el piso, los muros, el techo, así como todos los muebles que se requieran en el interior y exterior.

Como ya hemos apreciado, la madera, específicamente el Pino Caribe (*Pinus caribaea*), nos ofrece numerosas ventajas que la convierten en un excelente material para todo tipo de proyectos de construcción. Una de sus

principales características son sus excelentes propiedades de aislamiento térmico, que le confieren una gran ventaja para resistir tanto a las altas como a las bajas temperaturas. La conductividad térmica de la madera es relativamente baja, en comparación con otros materiales como el concreto o el acero. Es un material resistente a las corrientes eléctricas, siendo un material óptimo para el aislamiento eléctrico.

Asimismo otra característica importante de la madera es, su resistencia a la tracción, o lo que es lo mismo, su capacidad para amoldarse a nuevas formas bajo presión sin romperse. La madera es excepcionalmente ligera en proporción a su resistencia. Esta es sin duda una de las principales razones para la elección de la madera como material de construcción. Entre el amplio abanico de materiales de construcción que se puede encontrar, la madera destaca como un producto especial e increíblemente versátil. Su atractivo estético, resistencia, cualidades de aislamiento, bajo costo y facilidad de fabricación, hacen que sea la opción ideal para su uso en la construcción de viviendas hoy en día en Venezuela.



Figura 23 Estructura con elementos de pino caribe

Fuente: Catalogo Allbiz (2010)

4.2 Análisis de las propiedades físicas y mecánicas de la madera de Pino Caribe (*Pinus caribaea*), para la resistencia de los elementos estructurales mediante la norma ASTM D143.

Para el análisis de las propiedades del Pino Caribe (*Pinus caribaea*), la resistencia de la madera está influenciada por factores como los tipos de carga, dirección y duración de la carga, temperatura y humedad. Normas como la ASTM D143, definen los métodos de ensayo para determinar las propiedades mecánicas, incluyendo la resistencia a la flexión, resistencia a la tracción y resistencia a la cizalla de la madera. Esto permite a los ingenieros elegir la que mejor se adapte a las necesidades.

4.2.1 Resistencia a flexión de la madera

Este ensayo de resistencia a la flexión de la madera, consiste en la aplicación de fuerzas en la barra de madera como se lo demuestra en la norma ASTM D143 en donde se establecen las características de las probetas y el procedimiento.

El tamaño de las probetas para los ensayos de flexión tendrán dos características, el primero una probeta de 50mm de ancho por 50mm de alto y por 760 mm de largo, mientras que para el segundo una probeta de 25mm de alto por 25mm de ancho y por 410mm de largo como nos indica la norma ASTM D143.

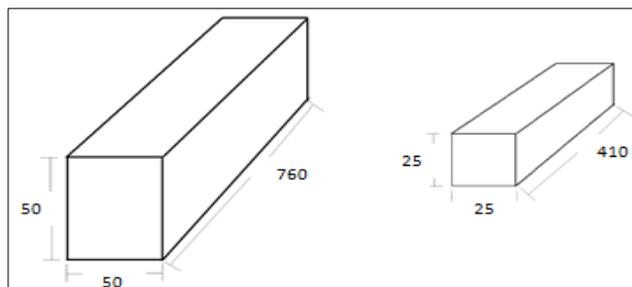


Figura 24 Tamaño de las probetas

Fuente: Campos y Carrasquel (2022)

Según la norma las probetas deberán resistir cargas de 890 N para el primer tipo de probetas, mientras que para el segundo tipo deberá soportar cargas de 220 N las cuales podrán ser aplicadas en la máquina. Estas cargas pueden variar dependiendo del tipo de madera que se utilice, de la superficie, como también del estado de la madera

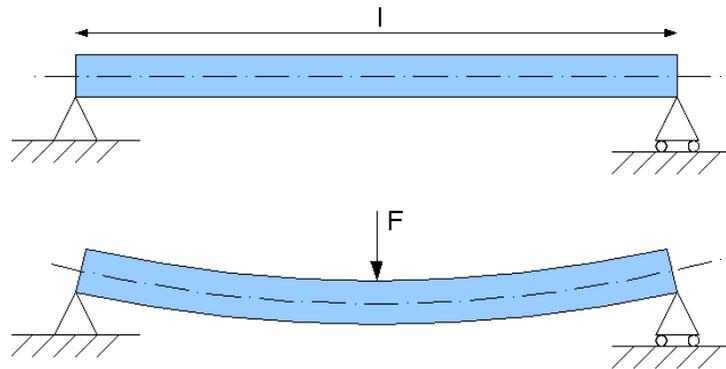


Figura 25 Aplicación de las cargas en la probeta

Fuente: Muñoz (2018)

4.2.2 Resistencia a tracción de la madera

Este ensayo de tracción se realiza mediante aplicación de fuerzas sobre la barra de madera como está especificado en la norma ASTM D143 y ASTM D4761 mediante la cual se establecen las características y el procedimiento de análisis de las probetas.

Los tamaños de la muestra para determinar la tensión estarán orientados a la dirección de la sección crítica en los extremos de mayor tamaño, se tomaran las medidas de las muestras hasta cuando pasen del límite proporcional. En la figura 16 se muestra un esquema de la probeta a tracción.

Se comienza midiendo la muestra antes de realizar el análisis, verificando las dimensiones y el contenido de humedad en la madera para que resista a tracción, hay que verificar los puños de la máquina y colocar la muestra a lo largo en la dirección que se aplica de la carga.

La velocidad de la prueba se determinará mediante la carga aplicada sobre la superficie de la muestra, la misma comienza a fracturarse y esto sucederá aproximadamente en 1 minuto de tal manera que la carga no debe alcanzar su estado de fractura en menos de 10 segundos ni más de 10 minutos.



Figura 26 Aplicación de las cargas en la probeta

Fuente: Hermoso (2002)

La madera posee, una elevada resistencia a la tracción paralela a las fibras, debido a la resistencia a las cadenas de celulosa presentan antes esta solicitud mecánica, por otro lado, la resistencia perpendicular a las fibras es muy baja, debido a la orientación marcadamente longitudinal de la estructura de la madera.

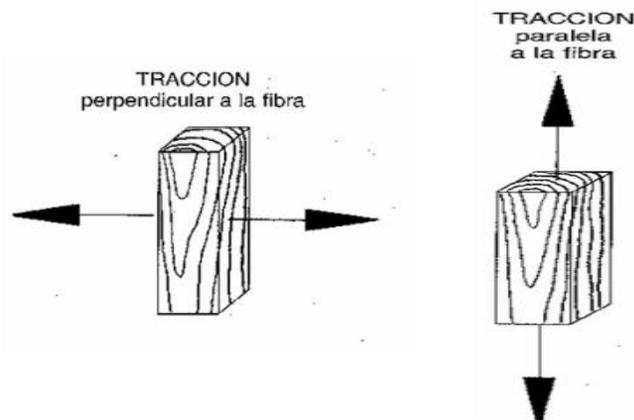


Figura 27 Tracción paralela y perpendicular a la fibra de la madera

Fuente: Gutiérrez (1967)

4.2.3 Resistencia a compresión de la madera

Para este ensayo de resistencia a compresión de la madera, se debe aplicar la fuerza mediante la información de la norma ASTM D143, en la cual especifica la forma de aplicar la fuerza en las probetas y el procedimiento.

Los tamaños de las muestras para los ensayos a compresión tienen las siguientes características, probetas de 50 mm de ancho, por 50 mm de alto y 150 mm de largo como se muestra en la figura 17 y lo establece la norma internacional ASTM D143.

Se comienza midiendo el ancho y el alto de la probeta en ambos extremos y en el centro de ella, se aplica la carga en forma continua sin sobrepasando el 25% de la velocidad de la máquina, hasta alcanzar su límite proporcional.

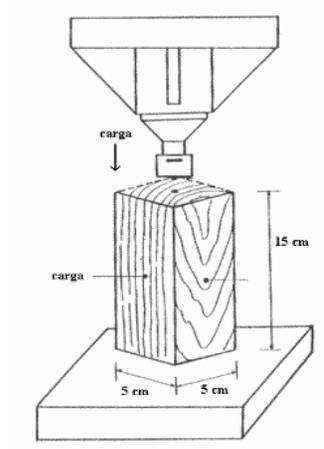


Figura 28 Aplicación de las cargas a compresión en la probeta

Fuente: Rivero (2004)

La madera presenta una gran resistencia a los esfuerzos de compresión paralela a la fibra debido a que están orientadas con su eje longitudinal en esta dirección. Sin embargo la resistencia a compresión perpendicular a la fibra es más baja debido a que tienden a comprimir las pequeñas cavidades contenidas en ella.

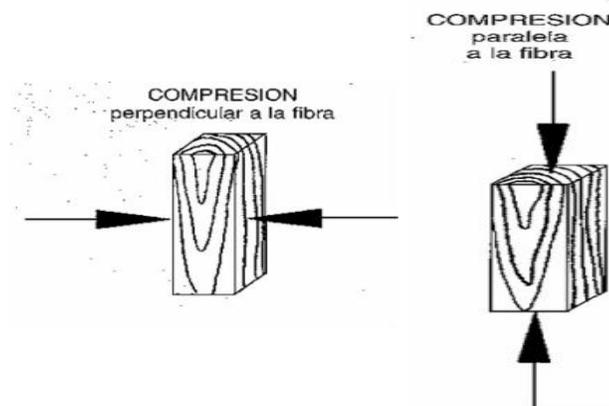


Figura 29 Compresión paralela y perpendicular a la fibra de la madera

Fuente: Gutiérrez (1967)

4.2.4 Resistencia al corte de la madera

El corte es la separación de las fibras, por medio de la tensión paralela aplicada sobre ellas. La prueba consiste en aplicar y medir la tensión de las fibras de madera, con el fin de provocar la separación entre ellas. La tensión de corte de la madera es directamente proporcional a su densidad, pero depende, principalmente, de la dirección en que la tensión es aplicada, en relación a los anillos de crecimiento de la madera.

Para comenzar este proceso, se emplea un espécimen de prueba, con un área igual al espécimen de prueba de corte de la norma ASTM D 143. Se establece un diámetro de punzonamiento de 40 mm para la pieza macho, y una distancia de 1 mm entre la pieza macho y la pieza hembra, resultando así 20 mm de espesor para el espécimen de prueba.



Figura 30 Espécimen de prueba

Fuente: Méndez (1984)

La sección transversal del punzonamiento es circular, con un diámetro de 40mm, para que la prueba cubra el agujero creado por el área de prueba

y deje una suficiente área extra que aguante la prueba de compresión, tomando en cuenta el evidente principio de ejecución.



Figura 31 Aplicación de las cargas de punzonamiento.

Fuente: Méndez (1984)

En Venezuela las especies de madera estructural para el diseño de viviendas se han agrupado en tres (3) grupos, cada clase resistente va asociada a unos valores característicos de resistencia, módulo de elasticidad y densidad. En el Documento Básico Seguridad Estructural de Madera (DB.SE-M) según José M. Cabrero (2009), se define los valores para cada clase resistente de madera aserrada, las cuales se clasifican de la siguiente en tres (3) grupos:

Tabla 8 Clasificación de la madera estructural

Grupo A	Coeficiente máximo de ruptura a la flexión de más de 1.500 kg./cm.2 : araguaney, bálsamo, canaleta, curarí (puy) granadillo (ébano), mora, pilón, roble, samán clavellino, vera.
Grupo B	Coeficiente de ruptura a la flexión, 900 a 1.500 kg./cm.2 : angelino, carrito (paraguatán), cartán, gateado, melero, orozul,

	pardillio, pichipén.
Grupo C	Coeficiente máximo de ruptura a la flexión, 400 a 900 kg./cm.2 : angelino, apámate, caoba, gouflas fir, hueso de pescado, laurel, majomo, melero, pino.

Fuente: Campos y Carrasquel (2022).

Los esfuerzos de diseño que se presentan a continuación son exclusivamente aplicables a la madera aserrada estructural, los ingenieros que usen estos valores cuidaran de utilizar madera calificada para la construcción y supervisar que cumple con los demás parámetros necesarios para caracterizar las propiedades físicas y mecánicas de la madera.

Tabla 9 Esfuerzos admisibles (kg/cm²)

Grupo	Flexión (fm)	Tracción paralela (ft)	Compresión paralela (fc //)	Compresión perpendicular (fc ⊥)	Corte paralelo (fv)
A	210	145	145	40	15
B	150	105	110	28	12
C	100	75	80	15	8

Fuente: Campos y Carrasquel (2022).

Los esfuerzos admisibles presentados en la tabla 9 están basados en los resultados de los ensayos realizados a las distintas especies en cada grupo de acuerdo con la norma ASTM D 143.

4.3 Diseño de una vivienda modelo de tipo unifamiliar, utilizando como material principal la madera de Pino Caribe (*Pinus caribaea*).

Las estructuras de madera como cualquier otro material y elemento constructivo, tienen que ser diseñadas para resistir las cargas especificadas en los apuntes sobre el diseño y cálculo de estructuras de madera según DB

SE-M. José M. Cabrero (2009), con las combinaciones de carga expresadas en el Documento Básico-SE-M Madera, para esfuerzos admisibles, y para el diseño de los elementos estructurales, señalado en la Documento Básico-SE-M Madera.

El proyecto a desarrollar es una casa de tipo unifamiliar destinada a vivienda, la cual se ubica en la ciudad de Anaco, Municipio Anaco. Estado Anzoátegui, utilizando madera estructural tipo "C", madera de Pino Caribe (*Pinus caribaea*), su cimentación es una losa fundación de concreto armado que soportará las cargas que van a ser transmitidas debido a las acciones verticales y laterales consideradas en análisis y diseño estructural.

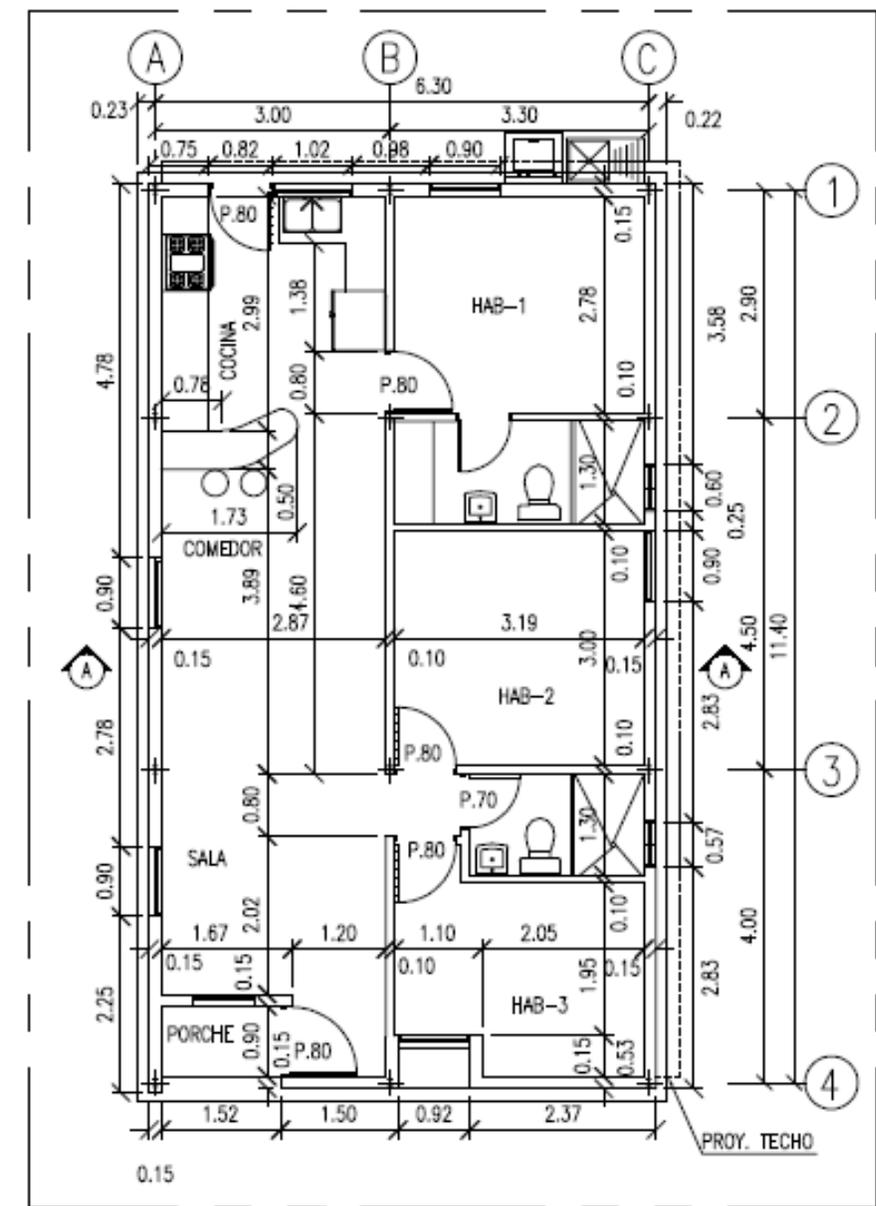


Figura 32 Planta de vivienda unifamiliar.

Fuente: Campos y Carrasquel (2022)

Para la ejecución del análisis y diseño estructural, los cálculos realizados son aplicables a elementos horizontales, verticales e inclinados que conforman el primer piso alto y la cubierta. Los efectos que las cargas verticales y laterales generan en estos elementos estructurales son

principalmente de compresión, tracción, corte y flexión, dependiendo de la dirección del grano de la madera, y que pueden ser paralelos o perpendiculares según la ubicación de la configuración del sistema estructural.

Estos análisis y diseños se realizan considerando que el material es homogéneo, de comportamiento lineal y elástico, que cumplen con los requerimientos del uso de la madera como material de construcción, con todas las consideraciones de conservación y preservación para que califique como madera de uso estructural que se encuentra especificado en el Documento Básico-SE-M Madera.

4.3.1 Esfuerzos admisibles para madera estructural

Los esfuerzos de diseño que se presentan a continuación son exclusivamente aplicables a madera estructural que cumple en su totalidad con la norma de clasificación visual. Se deberá supervisar que la madera empleada en la construcción cumpla con los requisitos de la NEC-SE-MD. La clasificación para madera estructural se la puede encontrar en el Manual de diseño de maderas del Grupo Andino PADT- REFORT para las especies del Ecuador.

4.3.2 Diseño de viguetas

Se tiene una vigueta de simplemente apoyada con luz libre de 3,90m y espaciamiento de 0,50m

Para carga total Max: $< L/250$ (admisible)

Para sobre Carga solamente Max $< L/350$

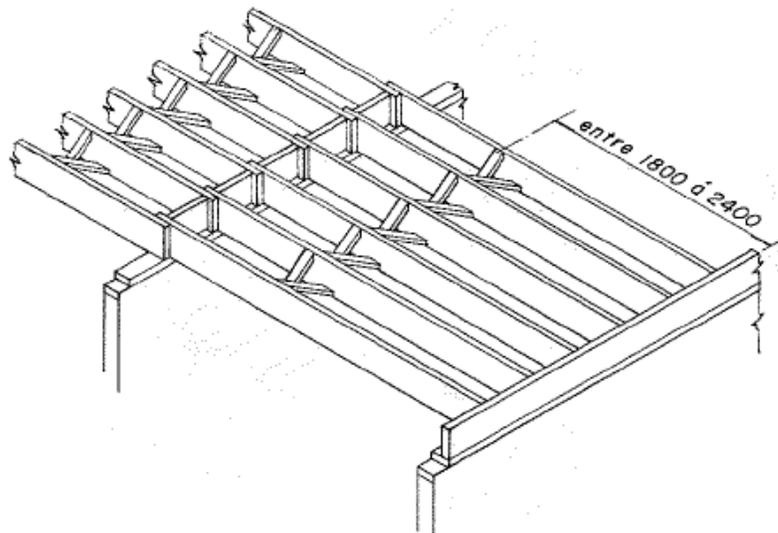


Figura 33 Planta de vivienda unifamiliar.

Fuente: Manual de Diseño de madera grupo andino (2015)

Efectos máximos según los criterios recomendados por el Manual de diseño de maderas del Grupo Andino, son:

$$\text{Peso Propio + peso muerte (W}_d\text{)} = 10.1 + 80 + 2 = 92.1 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Sobre carga (w}_1\text{):} \quad 50 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Carga total (w):} \quad 142.10 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Carga total repartida por vigueta} \quad 71.05 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Carga muerta repartida por vigueta} \quad 46.05 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Momento máximo: } M_{max} = \frac{wL^2}{8} \quad M_{max} = \frac{71.05 \cdot (3.9)^2}{8} = 135.08 \text{ Kg-m}$$

$$\text{Cortante máximo: } V_{max} = \frac{wL}{2} \quad V_{max} = \frac{71.05 \cdot 3.90}{2} = 138.55 \text{ Kg}$$

A continuación se determina los esfuerzos y módulo de elasticidad, con guía en figura A-2 (tabla 13.2), en anexo 1.

$$E_{\text{prom}} = 90.28 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F_m = 100 \text{ Kg/cm}^2 * 10\% = 110 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F_v = 8 \text{ Kg/cm}^2 * 10\% = 8.8 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F_c = 15 \text{ Kg/cm}^2$$

Se da paso al cálculo de inercia I , necesario por la limitación de la deflexión. En este caso se toma como una viga simplemente apoyada

$$A = \frac{5*W*(L)^4}{2384 EI} < L/K \qquad I > \frac{5*W*K*(L)^3}{2384 E}$$

Para considerar las deformaciones diferidas al calcular el momento de inercia necesario por deflexiones, es posible usar directamente la formula anterior utilizando una carga equivalente como la siguiente, establecida en el Manual de diseño de maderas del Grupo Andino

$$W_{\text{equivalente}} = 1.8 * W_d + W_1 \quad W_{\text{equivalente}} = 1.8 * 71.05 + 46.05$$

$$W_{\text{equivalente}} = 173.94 \text{ k/m}$$

$$\text{Para la carga total } k=250, \quad I > \frac{5*173.94*250*(390)^3}{384*100*90.28} = 3720.32 \text{ cm}^4$$

$$\text{Para la sobre carga } k=350, \quad I > \frac{5*46.05*350*(390)^3}{384*100*90.28} = 1378.92 \text{ cm}^4$$

Considerando el mayor se tiene $I = 3720.32 \text{ cm}^4$

Seguidamente se determina el módulo de sección Z por resistencia

$$Z > \frac{M}{f_m} = \frac{135.08 * 100}{110} = 122.8 \text{ cm}^3$$

Este valor se compara con los requeridos en una sección de 4cm * 14cm, para verificar si satisface con el momento de inercia I y el módulo de sección Z.

$$Z \text{ requerido} = 122.8 \text{ cm}^3 < Z = 130.7 \text{ cm}^3 \text{ ok}$$

$$I \text{ requerido} = 3720.32 \text{ cm}^4 > I = 914.6 \text{ cm}^4$$

Según la verificación por la inercia requerida se para a una área de vigueta de perfil 4*24cm, en este mismo orden de idea, se pasa a la verificación del esfuerzo cortante, se chequea en la sección crítica a una h del apoyo.

$$V_h = 138.55 - 71.05 * 0.24 = V_h = 121.50 \text{ kg}$$

$$\text{El esfuerzo cortante} = \frac{1.5 V_h}{b * H} = \frac{1.5 * 121.5}{4 * 24} = 1.9 < f_v = 8.8 \text{ kg/cm}^2$$

De la estabilidad lateral, considerando para esta verificación las dimensiones equivalentes comerciales:

$$\frac{h}{b} = \frac{10''}{2''} = 5$$

$$\text{De la longitud de apoyo } a: a > \frac{R}{B * f_c} = \frac{138.55}{4 * 15} = 2.3 \text{ cm}$$

Al escoger la sección de 4*24cm se está excediendo tanto el módulo de sección Z como el momento de inercia I necesarios. Podría, para conseguir un diseño más económico, usarse un espaciamiento de las viguetas mayor que 50cm.

4.3.3 Diseño de vigas

Considerándose las vigas que sostiene el piso de una vivienda, especie de viga central que sostiene o apoya la tabiquería y a su vez el techo de la casa, se tiene el siguiente procedimiento:

Se usara madera grupo B, en estado seco ($CH < 30\%$)

Cargas a considerar están:

Peso propio para una sección 9cm*24cm 216 Kg/m²

Peso muerto:

Techo cobertura de tejas sobre viguetas: 78 Kg/m²

Piso - entablado (Figura A-1; Anexo 1): 20 Kg/m²

- Viguetas (Figura A-2; Anexo 1) 11 Kg/m²

- Total Piso 31 Kg/m²

Entramados: pie derecho, soleras revestimiento 70 Kg/m²

Sobrecargas

- Techo 100 Kg/m²

- Piso (Tabla 13.3) 200 Kg/m²

Para carga total Max: $< L/250$ (admisible)

Para sobre Carga solamente Max $< L/350$

Efectos máximos

Peso Propio

- Cargas muertas 21.6 Kg/m²
- Techo el ancho de techo apoyado
en el entramado es de 3 m (78 Kg/m²*3m): 234 kg/ m²
- Piso. El mismo se apoya sobre la viga y
viguetas paralelas a ella. El espaciamiento
entre ellas es de 0.5m (31 Kg/m²*0.5m) 15.5 kg/ m²
- Entramado 70 Kg/m²
- Total carga muerta Wd= 341 Kg/m²

Sobrecarga

- Techo (100 Kg/m²*3m): 300 kg/ m²
- Piso (200 Kg/m²*0.5m) 100 kg/ m²
- Total Sobrecarga W1: 400 kg/ m²

$$\text{Carga total} = Wd + W1 = 341 + 400 = 741 \text{ kg/ m}^2$$

$$\text{Momento máximo: } M_{max} = \frac{wL^2}{8} \quad M_{max} = \frac{741 * (2.6)^2}{8} = 626 \text{ Kg-m}$$

$$\text{Cortante máximo: } V_{max} = \frac{wL}{2} \quad M_{max} = \frac{741 * 2.60}{2} = 963.3 \text{ Kg}$$

A continuación, se evidencia los esfuerzos y módulo de elasticidad, sin ninguna modificación:

$$E_{\min} = 75 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F_m = 150 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F_v = 12 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F_{c1} = 28 \text{ Kg/cm}^2$$

De igual manera que a las viguetas, se calculó la inercia I , necesario por la limitación de la deflexión. En este caso se toma como una viga simplemente apoyada

$$A = \frac{5 \cdot W \cdot (L)^4}{2384 EI} < L/K \qquad I > \frac{5 \cdot W \cdot K \cdot (L)^3}{2384 E}$$

Como las deformaciones totales son las que deben satisfacer las limitaciones de deformaciones diferidas, a través de la determinación del momento de inercia, es posible usar directamente, si es que la carga se modifica multiplicando las cargas permanentes (peso propio, peso muerto o sobrecargas de aplicación permanente), por el mismo factor de incremento de las deformaciones por el tiempo, es decir, la carga equivalente para el cálculo de la inercia necesaria por limitaciones de deformación sería:

$$W_{\text{equivalente}} = 1.8 \cdot Wd + W1$$

$$W_{\text{equivalente}} = 1.8 \cdot 341 + 400$$

$$W_{\text{equivalente}} = 1014,00 \text{ k/m}$$

$$\text{Para la carga total } k= 250, \quad I > \frac{5 \cdot 1014 \cdot 250 \cdot (390)^3}{384 \cdot 100 \cdot 90.28} = 7735 \text{ cm}^4$$

$$\text{Para la sobre carga } k= 350, \quad I > \frac{5 \cdot 400 \cdot 350 \cdot (390)^3}{384 \cdot 100 \cdot 90.28} = 4272 \text{ cm}^4$$

Considerando el mayor se tiene $I = 7735 \text{ cm}^4$

Seguidamente se determina el módulo de sección Z por resistencia

$$Z > \frac{M}{f_m} = \frac{626 * 100}{110} = 417 \text{ cm}^3$$

Este valor se compara con los requeridos en una sección de 9cm * 24cm, (4"*10"), para verificar si satisface con el momento de inercia I y el módulo de sección Z.

$$Z_{necesario} = 417 \text{ cm}^3 < Z = 864 \text{ cm}^3 \text{ ok}$$

$$I_{necesario} = 7735 \text{ cm}^4 > I = 10368 \text{ cm}^4 \text{ ok}$$

Nota: se puede seleccionar dos o más vigas del mismo peralte, pero que la suma de sus anchos resulte el ancho necesario. En este mismo sentido, se debe estar pendiente que si se escogen dos secciones de la mitad de ancho, debido al corte y al cepillado, el ancho real será un poco menor.

A continuación, verificación del esfuerzo cortante, se chequea en la sección crítica a una h del apoyo.

$$V_h = V_{\max} - w_h = 963.3 - 741 * 0.24 = V_h = 785 \text{ kg}$$

$$\text{El esfuerzo cortante} = \frac{1.5 V_h}{b * H} = \frac{1.5 * 785}{9 * 24} = 6.1 \text{ g/cm}^2 < f_v = 12 \text{ kg/cm}^2$$

De la estabilidad lateral, considerando para esta verificación las dimensiones equivalentes comerciales:

$$\frac{h}{b} = \frac{10''}{4''} = 2.5$$

De la longitud de apoyo a: $a > \frac{R}{B \cdot f_c} = \frac{963.3}{9 \cdot 28} = 3.82 \text{ cm}$

Al escoger la sección de 9cm*24cm de grupo B, en estado seco (CH<30%), se necesita menos de 20 cm de apoyo, o sea la mitad del ancho de los pilares de apoyo; también, se está excediendo tanto el módulo de sección Z como el momento de inercia I necesarios.

Requisitos de resistencia a Flexión:

Los esfuerzos de compresión o de tracción producidos por flexión, σ_m no deberá exceder el esfuerzo admisible, f_m , para el grupo de madera especificado

Los esfuerzos pueden incrementarse en un 10% al diseñar entablados o viguetas si hay una acción de conjunto garantizada, y podrá utilizarse los valores de la columna (b) de la Tabla 7.

Tabla 10 Esfuerzos máximos admisibles.

GRUPO MADERA	(a) f_m	(b) $1.1 f_m$
	(MPa)	
A	21.0	23.1
B	15.0	16.5
C	10.0	11.0

Fuente: Guía práctica de Diseño de Estructuras de Madera NEC (2015)

El máximo esfuerzo normal se produce en la fibra más alejada del plano neutro, para elementos cargados en la dirección de uno de los ejes principales de la sección.

Para sección rectangular.

a) Sección Transversal.

b) Distribución de esfuerzos normales producidos por flexión.

$$|\sigma_m| = \frac{6 * |M|}{b * (h)^2}$$

Dónde:

M = Momento aplicado.

I = Momento de inercia de la sección transversal con relación al eje del cual se produce la flexión.

C = Distancia del plano neutro a la fibra más alejada.

Z = Correspondiente al módulo de la sección.

f_m = Esfuerzo admisible de la madera.

b = Base de la sección transversal.

h = Altura de la sección trasversal.

Cálculo de la estructura (pórtico seleccionado para flexión)

Se tomó en consideración el pórtico más desfavorable con separación o ancho de 3,5 m y altura de 2,40 m.

$$|\sigma_m| = \frac{6 * |626 \text{ kg-m}|}{90 \text{ mm} * (240 \text{ mm})^2} \qquad |\sigma_m| = \frac{6 * |6140 \text{ kn-mm}|}{90 \text{ mm} * (240 \text{ mm})^2} = 7,11 \text{ Mpa}$$

$$|\sigma_m| = 7,11 \text{ Mpa} < f_m = 11 \text{ Mpa}$$

Por cálculo de resistencia a la flexión en vigas “**CUMPLE**”

Diseño a Corte:

Los esfuerzos cortantes, τ , no deben exceder el esfuerzo máximo admisible para corte paralelo a las fibras, f_v , para el grupo de madera especificado y seleccionado.

Tabla 11 Esfuerzo máximo admisible para corte paralelo a las fibras f_v (MPa)

GRUPO MADERA	(a)	(b) 1.1
	(MPa)	
A	1.50	1.65
B	1.20	1.32
C	0.80	0.88

Fuente: Campos y Carrasquel (2022)

Los esfuerzos pueden incrementarse en un 10% al diseñar entablados o viguetas si hay una acción de conjunto garantizada, y podrá utilizarse los valores de la columna (b) de la Tabla 11.

La resistencia al corte en la dirección perpendicular a las fibras es mucho mayor y por lo tanto no requiere verificarse. El esfuerzo de corte en una sección transversal de un elemento sometido a flexión y a una cierta distancia del plano neutro puede obtenerse mediante.

$$\tau = \frac{3 V}{2 b h} < f_v$$

Dónde:

V = Esfuerzo de la madera a corte (kg).

τ = Esfuerzo de la madera a corte (MPa).

b = Base de la sección (cm).

h = Altura de la sección (cm).

Cálculo de la estructura (pórtico seleccionado para corte en vigas)

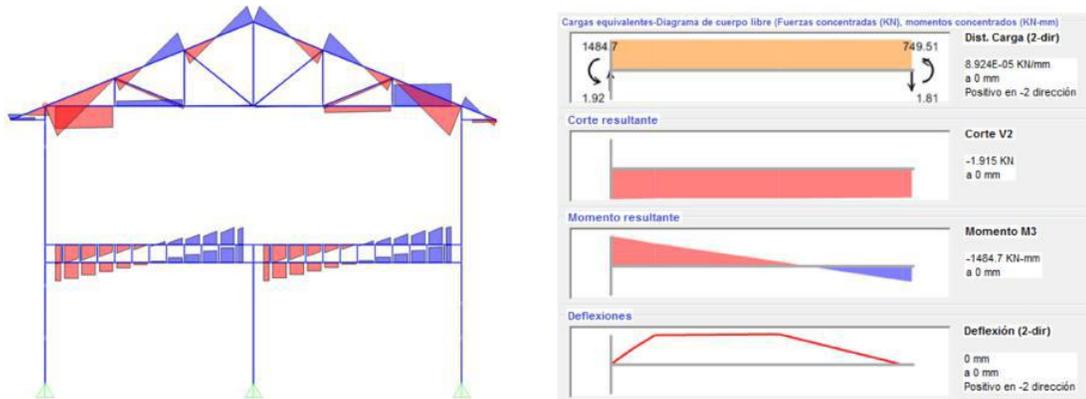


Figura 34 Modelo de pórtico estructural de madera

Fuente: Guía práctica de Diseño de Estructuras de Madera NEC (2015)

$$\tau = \frac{3 * V}{2 * b * h}$$

$$\tau = \frac{3 * 963,30}{2 * 90 * 240}$$

$$\tau = 0,047 \text{ MPa} < 0,88 \text{ MPa}$$

Por cálculo de cortante en vigas **“CUMPLE”**.

Nota: Para una viga de sección rectangular, el máximo esfuerzo de corte resulta: si el elemento está apoyado en su parte inferior y cargado en su parte superior, las reacciones introducen compresiones en la dirección perpendicular a las fibras.

4.3.4. Esbeltez, clasificación de columna, esfuerzos admisibles y módulo de elasticidad

$$\lambda = \frac{l_{efx}}{d}$$

Esbeltez en sentido X-X

Datos:

$l_{efx} = 3500$ mm

$d = 200$ mm

$$\lambda = \frac{3500}{200} = 17,50$$

Tabla 12 Clasificación de columnas

Clasificación de las columnas.	
Columnas Cortas	$\lambda < 10$
Columnas intermedias	$10 < \lambda <$
Columnas Largas	$< \lambda < 50$

Fuente: Campos y Carrasquel (2022)

Por lo tanto la columna se considerara como “**COLUMNA INTERMEDIA**”.

Nota: Se analizara la columna A, y en el sentido X-X, ya que esta presentara una mayor deformación en esta dirección.

Tabla 13 Esfuerzos máximos admisibles

GRUPO	(MPa)		
	f_c	f_t	f_m
MADERA			
A	14.5	14.5	21.0
B	11.0	10.5	15.0
C	8.0	7.5	10.0

Fuente: Campos y Carrasquel (2022)

Dónde:

f_m = Esfuerzo admisible a flexión.

f_t = Esfuerzo admisible a tracción paralela.

f_c = Esfuerzo admisible a compresión paralela.

Módulo de elasticidad.

En la siguiente tabla (#14), se presenta los valores de elasticidad E_{min} , que debe usarse en el diseño de columnas y el $E_{promedio}$ que debe usarse en el diseño de entramados.

Tabla 14 Módulo de elasticidad para diseño de columnas y entramados

GRUPO MADERA	Módulo de elasticidad (MPa)	
	Columnas	Entramados
A	9500	13000
B	7500	10000
C	5500	9000

Fuente: Campos y Carrasquel (2022)

Calculo de esfuerzo admisible para la columna A.

Datos:

$L = 2,40$ m (Longitud de la columna).

λ = Relación de esbeltez.

$h_1 = 2.40$ m (altura del primer nivel).

Consideración: $10 < \lambda < C_k$ la cual se selecciona de la **tabla**

Tabla 15 Relación de esbeltez límite entre columnas intermedias y largas.

GRUPO MADERA	C _k	
	Columnas	Entramados
A	17.98	20.06
B	18.34	20.20
C	18.42	22.47

Fuente: Campos y Carrasquel (2022)

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

$$N_{adm} = 8 \text{ MPa} * 40000 \text{ mm}^2 \left(1 - \frac{1}{3} * \left(\frac{17,5}{18,42}\right)^4\right)$$

$$N_{adm} = 233,01 \text{ KN}$$

4.3.5. Columnas: Diseño por esfuerzos admisibles por flexo compresión.

Los elementos deben diseñarse para satisfacer la siguiente expresión:

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

Dónde:

A = Área de la sección transversal.

E = Modulo de elasticidad.

f_m = Esfuerzo admisible a flexión.

Z = Módulo de la sección transversal con respecto al eje alrededor del cual se produce la flexión.

$|M|$ = Momento flector máximo en el elemento (valor absoluto).

N_{adm} = Carga axial máxima admisible.

K_m = Factor de magnificación de momentos debido a la presencia de la carga axial.

La carga crítica de Euler para pandeo en la dirección en que se aplican los momentos en flexión (N_{cr}), se calcula mediante:

$$N_{cr} = \frac{EI\pi^2}{lef^2}$$

de carga crítica de Euler " N_{cr} "

$$N_{cr} = \frac{5500MPa * 133333333,3mm^4 * \pi^2}{(2400mm)^2}$$

$$N_{cr} = 1256546,869MPa; N_{cr} = 1256,55KN$$

Calculo de factor de magnificación de momentos " K_m "

Factor de magnificación de momentos debido a la presencia de la carga axial (K_m)

$$k_m = \frac{1}{1 - \frac{1,5N}{N_{cr}}}$$

$$k_m = \frac{1}{1 - \frac{1,5 * 0,741KN}{1256,55KN}}$$

$$k_m = 1,00$$

Chequeo por esfuerzos admisibles por flexo compresión.

La columna debe satisfacer la siguiente ecuación, con un grupo de madera C en la tabla 13 se tiene un $f_m=10$

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

$$\frac{0,741}{233,01} + \frac{1,00 * |6140KN - mm|}{1333333,33mm^3 * 10} < 1$$

$$3,64 * 10^{-03} < 1$$

Por lo tanto la columna por flexo compresión **“CUMPLE”**.

Columnas: Diseño por esfuerzos admisibles por flexo tracción.

Los elementos deben diseñarse para satisfacer la siguiente expresión, seleccionado de la tabla 13, para un grupo de madera C se tiene ft: 7,5 MPa y fm:10 MPa.

$$\frac{N}{A * ft} + \frac{|M|}{Z * fm} < 1$$

$$\frac{0,741 KN}{40000mm^2 * 7.5MPa} + \frac{6140 kn - mm}{1333333,33mm^3 * 10MPa} < 1$$

$$4,29 * 10^{-04} < 1$$

Por lo tanto la columna por flexo tracción **“CUMPLE”**

4.4 Comparación de la rentabilidad económica de las estructuras de madera de Pino Caribe y las estructuras tradicionales, mediante la elaboración de sus respectivos presupuestos.

4.4.1 Presupuestos comparativos

En el presente estudio se presenta un listado de 5 partidas seleccionadas para realizar una tabla comparativa (Ver tabla #16) de la rentabilidad económica de las estructuras de madera de Pino Caribe con el modelo tradicional del hormigón. Las mismas se describen a continuación:

Tabla 16 Presupuesto De Obra

PRESUPUESTO DE OBRA					
					IP3-Control de Obras 12
OBRA: MODELO CON MADERA DE PINO CARIBE					
Contratante:					
PART No	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (BS)	TOTAL (BS)
CARPINTERIA					
1	E.S/N CONSTRUCCION DE PISO CON MADERA DE PINO CARIBE. INCLUYE BASE DE FUNDACIONES	M2	85,00	218.523.543,94	18.574.501.234,90
2	E.S/N CONSTRUCCION DE PAREDES CON MADERA DE PINO CARIBE. INCLUYE ENTRAMADO Y SOLARES	M2	113,00	223.832.154,51	25.293.033.459,63
3	E.S/N CONSTRUCCION DE REVESTIMIENTO INTERIOR DE PAREDES CON MADERA DE PINO CARIBE	M2	226,00	23.779.580,83	5.374.185.267,58
4	E.S/N CONSTRUCCION DE REVESTIMIENTO EXTERIOR EN PAREDES CON MADERA DE PINO CARIBE	M2	84,75	24.629.757,03	2.087.371.908,29
5	E.S/N CONSTRUCCION DE TECHO CON MADERA DE PINO CARIBE. INCLUYE VIGETAS Y TEJAS DECORATIVAS	M2	85,00	170.878.566,34	14.524.678.138,90
TOTAL (Bs):					65.853.770.009,30
TOTAL (\$):					16.463,44

Fuente: Campo y Carrasquel (2022).

Ver anexo 2 referente a los análisis de precio unitario de la presente oferta económica “Modelo Con Madera De Pino Caribe”

PRESUPUESTO DE OBRA					
					IP3-Control de Obras 12
OBRA: MODELO DE ESTRUCTURA TRADICIONAL					
Contratante:					
PART No	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (BS)	TOTAL (BS)
ALBAÑILERIA					
1	E.S/N CONCRETO DE Fc 210 kgf/cm2 A LOS 28 DIAS, ACABADO CORRIENTE, LA CONSTRUCCION DE LOSA DE PISO. INCLUYE ENCOFRADO	M3	85,00	729.624.621,00	62.018.092.785,00
2	E.411.041.015 CONSTRUCCION DE PAREDES DE BLOQUES DE CONCRETO, ACABADO CORRIENTE E= 15 CM , INCLUYE DINTELES, MACHONES BROCALES Y VIGAS DE CORONA	M2	113,00	50.350.245,54	5.689.577.746,02
3	E412102001 CONSTRUCCION DE REVESTIMIENTO INTERIOR DE PAREDES CON MORTERO A BASE DE CAL, ACABADO LISO INCLUYE FRISO BASE	M2	226,00	13.452.692,83	3.040.308.579,58
4	E.412.201.001 CONSTRUCCION DE REVESTIMIENTO EXTERIOR EN PAREDES CON MORTERO A BASE DE CAL , ACABADO RUSTICO , INCLUYE FRISO BASE	M2	84,75	13.098.389,21	1.110.088.485,55
5	E.S/N CONSTRUCCION DE TECHO CON LAMINAS ACEROLIT. INCLUYE PERFILES METALICOS LIVIANOS PARA CORREAS Y VIGAS DE CARGA	M2	85,00	465.934.647,82	39.604.445.064,70
TOTAL (Bs):					111.462.512.660,85
TOTAL (\$):					27.865,63

Fuente: Campos y Carrasquel (2022).

Según los presupuestos mostrados, se destaca el uso de una moneda relativamente fuerte en la realidad venezolana, son estrategias que muchas empresas y entes gubernamentales recurren para poder visualizar sus gastos administrativos, operacionales, entre otros, en mismo sentido, las partidas que se plasman son actividades similares en cada uno de los procesos para realizar una comparación representativa entre la construcción de vivienda en un urbanismo en la zona industrial del municipio Anaco, estado Anzoátegui mediante el uso del Pino Caribe (Ver APU en Anexo 2) con respecto al método Tradicional (Ver APU en Anexo 3).

Importante destacar, que los precios de materiales, equipos, insumos, mano de obra se tomó según la zona o ciudad en estudio, como también, el corto plazo de vigencia de los precios por la inestabilidad y estancamiento económico del sector construcción.

Comparación de métodos constructivos

A continuación, se muestra resultados comparativos de ambas propuestas antes plasmadas, en la tabla #16, se determinó varios aportes según las partidas estadísticas.

Tabla 17 Comparación de partidas seleccionadas de los métodos en estudios

TABLA COMPARATIVA					
PART No	DESCRIPCION	MADERA DE PINO CARIBE		ESTRUCTURA TRADICIONAL	
		POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO
1	CONSTRUCCIÓN DE PISO	MAS ECONOMICO, CORTO TIEMPO DE EJECUCION, FABORECE EN PLANIFICACION, ALMACENAJE DE MATERIAL	MANTENIMIENTO CONSTANTE	MAYOR DURACIÓN EN EL TIEMPO, BAJO MANTENIMIENTO	MAS COSTOSO, MAYOR LOGISTICA
2	CONSTRUCCIÓN DE PAREDES	ALMACENAJE DE MATERIAL, CORTO TIEMPO DE EJECUCION, FABORECE EN PLANIFICACION,	COSTO UN POCO MAS ALTO, PRECISIÓN EN CORTES, MANTENIMIENTO CONSTANTE	UN POCO MAS ECONOMICO, BAJO MANTENIMIENTO	MAS DIFICIL DE TENER LA OBRA LIMPIA, NO FAVORECE EN ESTRATEGIAS DE PREFABRICACIÓN
3	CONSTRUCCIÓN DE REVESTIMIENTO INTERIOR DE PAREDES	MAS ECONOMICO, CORTO TIEMPO DE EJECUCION, FABORECE EN PLANIFICACION, ALMACENAJE DE MATERIAL	MANTENIMIENTO CONSTANTE	MAYOR DURACIÓN EN EL TIEMPO, BAJO MANTENIMIENTO	MAS COSTOSO, MAYOR LOGISTICA
4	CONSTRUCCIÓN DE REVESTIMIENTO EXTERIOR EN PAREDES	MAS ECONOMICO, CORTO TIEMPO DE EJECUCION, FABORECE EN PLANIFICACION, ALMACENAJE DE MATERIAL	MANTENIMIENTO CONSTANTE	MAYOR DURACIÓN EN EL TIEMPO, BAJO MANTENIMIENTO	MAS COSTOSO, MAYOR LOGISTICA
5	CONSTRUCCIÓN DE TECHO	ALMACENAJE DE MATERIAL, CORTO TIEMPO DE EJECUCION, FABORECE EN PLANIFICACION	COSTO UN POCO MAS ALTO, PRECISIÓN EN CORTES, MANTENIMIENTO CONSTANTE	UN POCO MAS ECONOMICO, BAJO MANTENIMIENTO, MAS FACIL DE COLOCAR	NO FAVORECE EN ESTRATEGIAS DE PREFABRICACIÓN

Fuente: Campos y Carrasquel (2022).

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Referente a las propiedades físicas y mecánicas de la madera de Pino Caribe (*Pinus caribaea*), tal como estado seco ($CH < 30\%$ en este caso) o su peso propio, importantes para el cálculo, siendo muy favorables ya que permiten desarrollar diseños muy confiables.

Se verifico que esta madera es excepcionalmente ligera en proporción a su resistencia. Esta es sin duda una de las principales razones para la elección de la madera como material de construcción.

Es importante destacar los factores de mayoración (W equivalente) por el deterioro rápido de la misma, dando esa fuerza a ese punto necesario del mantenimiento dentro de la vida útil de la estructura.

Al momento de diseñar y presupuestar la madera se evidencio en la comparación de métodos un 13% más económico que el concreto, proponiendo una opción ideal para su uso en la construcción de viviendas hoy en día en Venezuela. Destacando como un producto especial e increíblemente versátil, su atractivo estético, resistencia, cualidades de aislamiento, bajo costo y facilidad de fabricación

En el caso económico, es evidente que la propuesta sobre el uso de la madera de Pino Caribe (*Pinus caribaea*) como material constructivo de viviendas unifamiliares brinda varios atractivos que motivan a evaluar su uso a corto plazo.

5.2 Recomendaciones

Las construcciones de madera han alcanzado su esplendor moderno con arquitectos y diseñadores que arriesgan por los materiales tradicionales pero con técnicas renovadoras que realzan la construcción con traviesas, tablas y listones a su máximo esplendor ubica el uso de madera, en específico de Pino Caribe (*Pinus caribaea*), en un sitio tentador para ser constantemente solicitado.

Importante la revisión de los sistemas que proporcionan la materia prima en los almacenes o tiendas comerciales para su uso. El tema ambiental es muy importante a considerar.

Cuyo objetivo era diseñar y estudiar una vivienda unifamiliar de madera asequible y sostenible como la madera de Pino Caribe (*Pinus caribaea*). Este propósito fue realizado con excelentes resultados, un ejemplo de utilidad y uso actual para la arquitectura donde la madera es el principal protagonista de esta historia. Por lo que se puede realizar estudios con otros modelos de estructuras.

Importante revisar la normativa vigente para Venezuela, con la idea de actualizar e innovar los métodos de divulgación de estos códigos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Arguinzones, R. (2015). ***Cubierta con Madera para Cancha Multideportiva en la Urbanización Kennedy, Macarao, Caracas como Aplicación del Sistema Estructural VIMA***. Informe de pasantía, área de Arquitectura. Universidad Simón Bolívar. Caracas.

Arias, F. (2006). **El Proyecto de Investigación**. Sevilla, España: Epíteme. Quinta Edición

Cabrero, J. (2009) **“Apuntes sobre el diseño y cálculo de estructura de madera según DB SE-M”**

Jauregui, J. (1998) **“Proyectos Ecológicos Aplicados como Estrategia en la Educación Ambiental”**. Facultad de Zootecnia – UACH.

Johnston, D. (1999). **“La Madera, clases y características”**. España: Grupo Editorial CEAC.S.A.

Junac (1981) **“Descripción general y anatómica de 105 maderas del grupo andino”**. Junta del Acuerdo de Cartagena.

Lemus, J. y Romero, Y. (2014). ***Diseño de un Prototipo de Viviendas Sostenibles en Madera para la Región de la Mojana***. Trabajo de grado, área de Ingeniería Civil. Universidad Católica de Colombia. Bogotá

Norma ASTM. **“American Society for Testing and Materials”**. Anual book ASTM standards 2000.

Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología - Instituto Nacional de Educación Tecnológica. (2011). **“Materiales y Materias Primas”**.

Pacheco, M. y Miranda, L. (2017). ***Determinación de la Viabilidad Técnica del Sistema Constructivo de Casas de Interés Social en Madera para Implementación en el Área Urbana del municipio de Chía – Colombia***. Trabajo de grado, área de Ingeniería Civil. Universidad Católica de Colombia. Bogotá

Rahal, M. y Sleiman, J. (2013) **“Estudio de Factibilidad Técnico, Económico y Financiero para la Producción de Compuestos de Madera y Plástico en Venezuela”**. Trabajo de grado, área de ingeniería. Universidad Católica Andrés Bello. Caracas

Saiz, P. (2017) ***“De la casa prefabricada a la casa industrializada”***. Industria y Arquitectura. Ediciones Pronaos. Extraído el 25 de noviembre de 2018 desde <https://www.linkedin.com/pulse/breve-diccionario-de-arquitectura-industrializada-la-casa-pablo-saiz>

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

Título	Evaluación De La Capacidad Resistente Del Pino Caribe (<i>Pinus caribaea</i>) Como Material Constructivo Para Casas Prefabricadas En Un Urbanismo En La Zona Industrial Del Municipio Anaco, Estado Anzoátegui.
Subtítulo	

Autor(es):

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Campos Mejias Jorgelys Jetsevel	CVLAC	23.546.490
	e-mail	camposjorgelys@gmail.com
	e-mail	
Carrasquel Jose Armando	CVLAC	24.610.383
	e-mail	jcarrasquel465@gmail.com
	e-mail	

Palabras o frases claves:

DISEÑO
ESTRUCTURA
MADERA

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

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Escuela de ingeniería y ciencias aplicadas	Ingeniería Civil

Resumen (abstract):

Resumen

Esta investigación tuvo como finalidad, la evaluación de la capacidad resistente del Pino Caribe (*Pinus caribaeae*) como material constructivo, se planteó una línea de investigación tipo descriptiva y documental, usando los criterios de la norma ATSM, se realizó dicho estudio de las características físicas y mecánica del material, seguidamente se realizó el diseño de una vivienda modelo de tipo unifamiliar con sus respectiva memoria de calculo, verificando las ventajas que representa el recurso forestal, en lo que respecta a su bosquejo, resistencia, y capacidad de absorber cargas de impacto. Obteniendo como principales resultados que la madera de Pino Caribe (*Pinus Caribeae*) es muy favorable e increíblemente versátil para las construcciones de viviendas y en comparación a las estructuras de concreto es un 13% más económicas.

Palabras claves: Investigación, Pino, planeta, casas.

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

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail									
	ROL	CA		AS	X	TU		JU		
Ing. Daniel Cabrera	CVLAC	17.421.606								
	e-mail	danieldjc1986@gmail.com								
	e-mail									
	ROL	CA		AS		TU		JU	X	
Prof. Laurimar Rojas	CVLAC	15.563.371								
	e-mail	rojaslaurimar@gmail.com								
	e-mail									
	ROL	CA		AS		TU		JU	X	
Prof. Elys Rondón	CVLAC	8.440.241								
	e-mail	elysrondon@gmail.com								
	e-mail									
	ROL	CA		AS		TU		JU		

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2022	03	15

Lenguaje: SPA

Hojas de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 4/6

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
PG-CamposCarrasquel.docx	Application/Word

Alcance:

Espacial: UNIVERSAL

Temporal: INTEMPORAL

Título o Grado Asociado con el Trabajo:

Ingeniero Civil

Nivel Asociado con el Trabajo:

Pregrado

Área de Estudio: estructura

Ingeniería Civil

Institución(es) que Garantiza(n) el Título o Grado:

Universidad de Oriente / Núcleo Anzoátegui / Extensión Cantaura.

Hojas de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso-5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

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

Estimado Profesor Martínez:

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

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

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

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

Juan A. Bolaños Cunejo
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/YOC/maruja

Apertado Correos 094 / Telfa: 4008042 - 4008044 / 8008045 Telefax: 4008043 / Cumaná - Venezuela

Hojas 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 grados son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y solo podrá ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización”

Campos M., Jorgelys J.
AUTOR

Carrasquel José A.
AUTOR

Prof. Cabrera V. Daniel J.
Tutor Académico