UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

TRABAJO DE TITULACION

PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

NUCLEO ESTRUCTURANTE:

ESTRUCTURAS

TEMA

"REHABILITACIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE MADERA EN EDIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN MIXTA DETERIORADAS DEBIDO AL DESGASTE DE LOS MATERIALES CAUSADOS POR AGENTES AMBIENTALES, UBICADOS EN EL CANTÓN GUAYAQUIL, PROVINCIA DEL GUAYAS".

AUTOR

NORALMA ELIZABETH CASTRO SESME

TUTOR

ING. PABLO LINDAO

2015 – 2016

GUAYAQUIL – ECUADOR

DEDICATORIA

Quiero dedicar mi tesis a Dios por darme salud y sabiduría para alcanzar mis objetivos y metas de vida y llenarme de muchas Bendiciones en el año transcurrido.

A mi amado esposo JAIME MORA, por su paciencia, comprensión, amor, fortaleza y por ser tal y como es. Eres la fuerza que me llena, que me impulsa y que me acerca más a Dios. Te amo mi amor, gracias por ser el pilar de mi vida.

A mis padres César, Janeth y Zoila, que me han enseñado a encarar los obstáculos sin perder jamás la visión de mi vida. Me han dado todo los valores humanos y éticos necesarios, los cuales son mis ejes transversales para convertirme en un gran ser humano y profesional. Los quiero mucho.

AGRADECIMIENTO

En el presente trabajo de tesis quisiera agradecer en primer lugar a DIOS por ser la luz que guía mi camino y dirigir mis pasos para poder alcanzar mis ideales.

A la FACULTAD DE MATEMATICAS Y FISICAS por haberme aportado con grandes conocimientos y ética en mi vida profesional y personal.

A mi Tutor de Trabajo de titulación Ing. Pablo Lindao por demostrarme su profesionalismo, paciencia, por sus acertadas correcciones y sugerencias en este trabajo, logrando que mi sueño de convertirme en Ingeniera se cumpla.

A los profesores de la carrera de Ingeniería civil por aportar con conocimientos en vida estudiantil y enaltecer su vocación de docentes, el cual se ve reflejado en los profesionales que actualmente cuenta el país.

A mi familia, amigos y compañeros que colaboraron de cierta manera en la realización de este trabajo y que se convertirá en inspiración y soporte para las futuras generaciones de Ingenieros civiles.

TRIBUNAL DE GRADUACION

Ing. Eduardo Santos Baquerizo, M. Sc.

DECANO

Ing. Pablo Lindao

TUTOR

Ing. Adolfo Villacreses

VOCAL

Ing. Lenin Moncayo

VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

Art.- XI del reglamento de graduación de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil.

La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en este proyecto de titulación corresponde exclusivamente al autor, y el patrimonio intelectual del proyecto de Titulación corresponderá a la UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

_____

NORALMA ELIZABETH CASTRO SESME

CI: 0926970385

ÍNDICE GENERAL

CAPITULO I

1.1 Introducción 1

1.2 Planteamiento del problema 3

1.3 Objetivos de la investigación 4

1.3.1 Objetivo general 4

1.3.2 Objetivos específicos 4

1.4 Antecedentes 5

1.5 Justificación 5

1.6 Metodología a implementar 7

1.7 Limitación del problema 7

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO 8

2.1 Reseña histórica 8

2.2 Estado del arte de la investigación 11

2.2.1 Estado actual 11

2.2.2 Enfoque futuro 12

2.3 Marco contextual 12

2.3.1 Vigas 12

2.3.2 Pórticos 12

2.3.3 Cargas 13

2.3.3.1 Clasificación de las cargas 13

2.3.4 Estructura 13

2.3.5 Madera 14

2.3.5.1 Estructura de la madera: 15

2.3.5.2 Características físicas de la madera: 19

2.3.5.3 Propiedades resistentes de la madera. 23

2.3.5.4 Propiedades elásticas de la madera 24

2.3.5.5 Madera Guachapelí 25

CAPITULO III

3. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL 26

3.1 Descripción de la vivienda a analizar 26

3.2 Inspección y registro fotográfico 28

3.3 Análisis estructural 32

3.3.1 Cálculo de cargas 32

3.3.1.1 Cargas en el nervio: 32

3.3.1.2 Cargas en la viga: 35

3.3.2 Cálculo de reacciones y momentos 39

3.3.2.1 Tirantes de madera 39

3.3.2.2 Viga de madera 40

3.3.3 Gráficos de cortante y de momento 41

3.3.3.1 Tirantes de madera 41

3.3.3.2 Viga de madera 42

3.3.4. Cálculo de inercia de secciones 43

3.3.4.1 nervio de madera sección original 43

3.3.4.2 Nervio de madera sección actual 44

3.3.4.3 Viga de madera 46

3.3.5. Cálculo de esfuerzos 46

3.3.5.1 Nervio de madera – sección original 47

3.3.5.2 Nervio de madera – sección actual 48

3.3.5.3 Viga de Madera 49

CAPÍTULO IV

4. REHABILITACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS 50

4.1 Rehabilitación del nervio 50

4.1.1. Descripción de daños: 50

4.1.2. Posibles Causas: 50

4.1.3. Propuesta de rehabilitación 50

CONCLUSIONES 53

RECOMENDACIONES 54

ANEXOS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Estructura microscópica de la madera 18

Tabla 2 Conductividad térmica de materiales 22

Tabla 3 Coordenadas UTM de ubicación de la vivienda 27

Tabla 4 Cálculo del Eje Neutro 44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Barrio Las Peñas - Guayaquil 9

Figura 2 Fachada de la Casa Rosada 9

Figura 3 Botica del Comercio 10

Figura 4 Hospicio del Sagrado Corazón de Jesús 10

Figura 5 Partes del tronco 15

Figura 6 Estructura anatómica de las maderas latifoliadas (tropicales) 17

Figura 7 Estructura Anatómica de las maderas coníferas 18

Figura 8 Estructura de la fibra 19

Figura 9 Cambios dimensionales en la madera con el contenido de humedad 21

Figura 10 Direcciones ortogonales de la madera 23

Figura 11 Curvas esfuerzo deformación para maderas latifoliadas 24

Figura 12 Árbol de Guachapelí 25

Figura 13 Vivienda de construcción mixta objeto de estudio 26

Figura 14 Ubicación de la vivienda 27

Figura 15 Planos de la planta baja y alta de la vivienda 28

Figura 16 Vivienda de construcción mixta 29

Figura 17 Piso de madera de Guachapelí 30

Figura 18 Viga con fisuras 30

Figura 19 Nervio de madera con daños en su sección 31

Figura 20 Escaleras 31

Figura 21 Sección Transversal original del nervio, medidas en cm 32

Figura 22 Sección transversal actual del nervio, medidas en cm 33

Figura 23 Sección transversal de piso 33

Figura 24 Carga Viva según ocupación o uso 34

Figura 25 Pórticos de la Vivienda 35

Figura 26 Sección original de la viga 36

Figura 27 Sección actual de la viga 36

figura 28 *carga viva según su ocupación o uso* 38

Figura 29 Nervio 39

Figura 30 Viga 40

Figura 31 Gráfico de cortante modelado en software Sap 2000 41

Figura 32 Gráfico de momentos modelado en Sap 2000 41

Figura 33 Gráfico de cortantes de pórtico modelado en Sap 2000 42

Figura 34 Gráfico de momentos de pórtico modelado en Sap 2000 42

Figura 35 Sección del nervio 43

Figura 36 Dimensiones del nervio y distancias Y en cm 44

Figura 37 Sección de la viga 46

Figura 38 Nervio de madera sección original 47

Figura 39 Nervio de madera 48

Figura 40 Sección del Nervio rehabilitado con resina 51

Figura 41 Nervio rehabilitado con perfiles de acero 51

CAPITULO I

1.1 Introducción

En el centro de la ciudad de Guayaquil existen viviendas antiguas de construcción mixta, de hormigón y madera, muchas de ellas son consideradas Patrimonio Cultural del Ecuador, que por ley estas deben ser conservadas, restauradas y exhibidas por la entidad pública competente. El Instituto Nacional de Patrimonio Cultural, que junto con la Dirección Cultural del Banco Central, iniciaron el proyecto Parque Histórico, en el que se rescataron varias casas icónicas del Guayaquil antiguo, aunque para incluir las viviendas en ese plan deben cumplir con los años de antigüedad y con otros requisitos.

Por otro lado tenemos las viviendas con hormigón y madera construidas varios años después, pero esto no significa que estas edificaciones por haber sido construidas los años siguientes tienen menos importancia, algunas son habitadas por familias y se encuentran en pésimo estado, poniendo en peligro la vida de los ciudadanos tanto como los que transitan por el sector, como a los que viven en el inmueble; debido a que en su construcción existieron fallas, al envejecimiento por el paso de los años, a los agentes climáticos, sismos, a malas intervenciones al intentar arreglar algún daño, sumado a otros factores.

La presente investigación comprende el desarrollo de la propuesta de rehabilitación, evaluando los daños en las estructuras de madera de una casa de construcción mixta, como son las columnas, vigas, pórticos, etcétera para continuar con las posibles soluciones a estas averías para proporcionar la recuperación necesaria de los elementos estructurales y así evitar el colapso de la vivienda.

En este proyecto se tomará como una vivienda familiar de construcción mixta edificada en el año 1961, situada en el centro de la ciudad, en las calles Capitán Nájera 2426 entre Carchi y Tulcán, que es una casa de dos plantas, construida con vigas, columnas de madera y el piso de la planta alta de madera, su piso en la planta baja es de hormigón.

En esta vivienda se ha realizado remodelaciones por parte de los propietarios, en las que consta la ampliación de un dormitorio en la segunda planta y cambio de ciertas columnas de madera por columnas de hormigón en la planta baja.

En esta edificación de construcción mixta se realizará una inspección en la que se analizará visualmente dónde se encuentran los daños en la estructura, se elaborará el plano en caso de que sea necesario, se analizará mediante un modelo matemático el comportamiento de la estructura, se elaborará diversas evaluaciones a los elementos estructurales para escoger el tipo de material a usar para su rehabilitación y el respectivo método.

En este estudio se presentará en la primera parte se presentarán la teorías que nos permitirán ofrecer el correcto diagnóstico a los elementos estructurales, mientras que en los siguientes capítulos mostrará la metodología usada para la evaluación de las estructuras de las viviendas y el proceso a usar para su rehabilitación.

Los resultados presentados en este proyecto pretenden ser una posible solución para la rehabilitación de las casas de construcción mixta, sin afectar su diseño arquitectónico, para evitar el colapso de la misma que es un problema que afecta a los guayaquileños y al aspecto de la ciudad.

1.2 Planteamiento del problema

En la ciudad de Guayaquil se tenía por costumbre construir con madera, ya que es una herencia de la colonia, además de que es un material que se podía conseguir muy fácilmente en la parte de la región Costa. Las ventajas que proporciona este material al usarlo en la construcción, es que nos ofrece economía ya que construir con hormigón es más costoso, nos permite facilidad de manejo al ser transportado y al momento de montar las estructuras, y además se ha demostrado que brinda un buen comportamiento ante los sismos.

Debido a esto es que en nuestra ciudad existen viviendas que tienen varios años que son de construcción mixta cuyos elementos estructurales de madera se encuentran deteriorados, daños ocasionados por el envejecimiento, por las lluvias, el ambiente húmedo que es normal en nuestra ciudad, por sismos, y otros agentes que con el paso del tiempo van mermando a estos elementos que son el esqueleto de las viviendas, que sin su debida y correcta intervención pueden causar el colapso de los inmuebles, dejando a familias sin hogar.

Siendo la madera un material de origen vegetal, que muy fácilmente puede ser afectado por bacterias, hongos, humedad, insectos, y otros factores, lo que se busca es realizar una correcta rehabilitación de las estructuras de madera de la vivienda, en que la intervención que se realice optimice el comportamiento estructural de las mismas pudiendo preservar el diseño arquitectónico de dicho inmueble.

En la actualidad existen nuevos métodos para realizar rehabilitaciones de elementos estructurales en viviendas, en los que se trata de no eliminar las

estructuras de madera y reemplazarlas por hormigón y acero, sino que se evalúa la situación en la que se encuentra y se busca una mejor opción para solucionar este problema.

Es por esto que en este proyecto se tratará de encontrar posibles soluciones a este inconveniente, realizando diversas evaluaciones de la estructura, que se realizarán en el sitio, buscando materiales y métodos a usar, además que se debe verificar si los elementos necesitan de un reforzamiento en sus estructuras o se debería cambiar por completo el elemento estructural.

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Evaluar las condiciones de los elementos estructurales de madera en la vivienda de construcción mixta para proceder a rehabilitarlas

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar inspección de la vivienda; analizando el estado actual de sus estructuras, observando meticulosamente dónde se encuentran los daños, analizar cuáles son los agentes que lo causaron y fotografiar las averías de los elementos.
- Entrevistar a el dueño de la vivienda; indagando cuántos años tiene la propiedad, si existe algún cambio en la estructura original de la casa.
- Elaborar el plano arquitectónico y estructural del inmueble, este se diseñará usando el software Autocad.
- Analizar mediante software el modelo matemático de la estructura, evaluando las cargas muertas y vivas del edificio.

- Evaluar el elemento estructural tomado como ejemplo y presentar propuestas de rehabilitación, en caso de necesitarla.

1.4 Antecedentes

La madera es un material muy versátil, económico y fácil de conseguir en la costa, debido a esto fue aprovechado en la ciudad para la construcción de viviendas, usándola como elementos estructurales, pisos y paredes.

1.5 Justificación

Nuestra ciudad se encuentra ubicada en las Costas del Océano Pacífico, en el denominado Cinturón de fuego, que es zona de alta incidencia de sismos, ya que se encuentra en la franja de subducción, que es un movimiento de placas tectónicas en la que las placas se mueven unas contra otras.

Los sismos podrían provocar severos daños en las viviendas, e incluso podrían causar el colapso de la vivienda, si es que no se ha realizado la respectiva rehabilitación del inmueble.

Se conoce que Guayaquil es una ciudad en la que existen viviendas de construcción mixta, algunas de ellas tienen daños en su estructura que han sido causados por insectos, por su clima, por la humedad en el ambiente. Debido a que sus estructuras han sido deterioradas por diversos factores pueden causar un riesgo inminente para la vida de las familias que habitan el inmueble, incluso a los vecinos y los transeúntes que circulan por el sector.

Los elementos estructurales que se encuentran en mal estado si no tienen una oportuna intervención, podrían ceder ocasionando el colapso del bien inmueble. Por este motivo es necesario realizar un diagnóstico efectivo de la vivienda para escoger

los métodos, materiales, el tipo de intervención, tipo de herramientas a usar para una respectiva rehabilitación de las estructuras de la vivienda.

También se busca efectuar un estudio en el que se pueda realizar los respectivos mantenimientos preventivos correctivos de los elementos estructurales, para prever daños que podrían causar en un futuro lesiones que perjudiquen el comportamiento de la estructura.

Si bien se sabe que la ciudad de Guayaquil tiene el problema de que la gran mayoría de ella se formó por asentamientos improvisados, las personas se ubicaban en las orillas del salado, esto también es un grave problema debido a que la estabilidad del suelo es pésima.

Para mejorar el suelo donde se ubican las viviendas se buscó como solución realizar un relleno con material de mejoramiento en la ciudad, este es el motivo por el cual el nivel freático se encuentra muy cerca de la superficie del suelo, el comportamiento de este ante los sismos no es muy bueno, afectando a las edificaciones que se encuentran construidas sobre él.

En este proyecto se busca realizar un diagnóstico de la vivienda familiar tomada como ejemplo, evaluando las estructuras de la misma, verificando y localizando dónde se encuentran los daños, analizando el comportamiento mecánico de la los elementos estructurales, para luego proporcionar una posible solución para la rehabilitación de sus columnas, vigas, pórticos, entre otros tipos de elementos estructurales.

1.6 Metodología a implementar

Esta investigación comprende un estudio netamente técnico, en el cual se procederá a evaluar las condiciones de las estructuras de madera de la vivienda de construcción mixta, realizar la evaluación y describir los daños causados por el deterioro del material debido a diversos factores.

Analizar si el elemento estructural necesita un reforzamiento o ser sustituido, para esto se debería escoger el tipo de material a usar, realizando pruebas y tomando en cuenta la Norma Ecuatoriana de la Construcción. En este proyecto también se realizará un modelo matemático de la estructura del inmueble mediante el software SAP – 2000.

1.7 Limitación del problema

En este estudio se evaluará las estructuras de la vivienda familiar tomada como ejemplo, que fue construida en el año 1961, de construcción mixta, posee elementos estructurales de madera, paredes de hormigón en la planta baja y de madera en las divisiones de los dormitorios en la planta alta. Los elementos que se analizarán son las vigas, pórticos, columnas de madera de la casa que fue tomada como modelo para esta investigación.

Estudios realizados de nuevas técnicas de reparación de estructuras de madera, se especifican claramente cuáles son los procedimientos a tomar según sea el daño del elemento, ya sea por sustitución de elementos, o refuerzo de elementos, también explica el sistema de unión encolada con aporte de madera.[1]

[1] (Esparza, 2000)

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Reseña histórica

"Desde 1910, Guayaquil ha cambiado muchas veces su rostro, es una ciudad en vías de construcción que cuenta con viviendas y edificaciones que han sido representativas en su vida histórica."[2]

Las primeras edificaciones en Guayaquil fueron de madera ya que era un material abundante en la Costa ecuatoriana, los edificios más importantes se destruyeron con varios incendios que la afectaron y arruinaron gran parte de la ciudad. A principios del siglo XX, la época dorada del Cacao, se construyeron imponentes edificaciones de madera de bellísima arquitectura, que fueron íconos de la ciudad y eran admirados por sus ciudadanos y por todo aquel que pasaba por sus calles.

El barrio de Las Peñas en las que se destacaban sus casas, cabe indicar que las viviendas que se encuentran ahí, no son de la época colonial, debido a que fueron reconstruidas por carpinteros de la época, luego del gran Incendio del 5 y 6 de octubre de 1896; fue declarado Patrimonio Cultural de la Nación en el año 1982, es en una de sus casas que se hospedó Ernesto El Che Guevara durante su gira en el año 1953, y Antonio Neumane residió con sus esposa; pues este barrio fue hogar de grandes personajes de nuestra historia; el barrio de Las Peñas fue beneficiado por el boom cacaotero ya que sus residentes viajaban a Europa e imponían los estilos del viejo continente en los diseños de las viviendas.

[2] (Monserrate, 2008)

Figura 1 *Barrio Las Peñas - Guayaquil*

Fuente: *Instituto Nacional de Patrimonio Cultural*

La Casa Rosada, ubicada en las calles Boyacá entre Luis Urdaneta y Junín, construida entre los años 1922 a 1930, su dueño era el Sr. Jacinto Aspiazu Febres Cordero y se la denominaba así por su color rosado mediterráneo, su uso era residencial, tenía cinco departamentos en la planta baja y cuatro en la parte baja.

Figura 2 *Fachada de la Casa Rosada*

Fuente: *Página web del Parque Histórico*

La Botica del Comercio, edificio antes situado en las calles Luque entre Pichincha y Pedro Carbo, su dueño fue Roberto Levi Hoffman, químico farmacéutico alemán, quien llego al país mediante un concurso a mérito y se casó con la poetisa Piedad Castillo, aquí se vendían medicamentos, remedios preparados, lociones.

Figura 3 *Botica del Comercio*

Fuente: *Diario El Telegráfo*

Hospicio del Sagrado Corazón de Jesús, fue inaugurado el 25 de junio de 1892 en la calle Julian Coronel, conocida como la calle de los lamentos, ofreciendo servicios a las personas que se encontraban en la etapa de adultez, como residencia y atención completa.

Figura 4 *Hospicio del Sagrado Corazón de Jesús*

Fuente: *Instituto Nacional de Patrimonio Cultural*

Debido a la necesidad de preservar estas edificaciones y otras no mencionadas como La Casa de Julian Coronel, el Banco Territorial, y otros inmuebles, fueron removidas de su localidad para ser reubicadas en el Parque Histórico en la Zona Urbano Arquitectónica, donde se recrea el Guayaquil Antiguo,

que es un proyecto que se inició por la Dirección Cultural del Banco Central en los años 90.

La tradición de la construcción con madera se siguió manteniendo, razón por la cual muchas viviendas en la actualidad en el centro de Guayaquil tienen sus estructuras de madera, algunas de ellas ya se encuentran con sus elementos estructurales en mal estado, debido a la falta de mantenimiento, poniendo en peligro a sus habitantes y los transeúntes. En Nuestro país se construyen viviendas con madera debido a que es un material económico.

Por este motivo se busca una metodología fácil y práctica para evaluar los daños de la madera, realizar un diagnóstico y así dar solución al problema presentado, y así se conseguirá rehabilitar las edificaciones para preservarlas y volverlas habitables

2.2 Estado del arte de la investigación

2.2.1 Estado actual

La rehabilitación de las viviendas de construcción mixta, madera y hormigón, busca preservarlas y darles un adecuado mantenimiento cuidando de no alterar la distribución de las cargas en la estructura, para evitar su deterioro por diversos agentes ya sean estos ambientales, sismos, incluyendo el paso del tiempo.

Existen varias técnicas para rehabilitar las viviendas de madera y cualquiera que se vaya a usar se debe analizar el estado de las estructuras, observar si existen grietas, analizar cuales elementos estructurales hay q sustituir o reforzar. También hay que tomar en cuenta que los espacios en las viviendas se podrían modificar debido a que se necesitaría añadir más elementos estructurales.

2.2.2 Enfoque futuro

En el futuro se busca evitar daños irreparables en las viviendas de construcción mixta dándoles un apropiado mantenimiento preventivo correctivo y así evitar demoliciones de estas viviendas y proveerles un uso adecuado a las instalaciones.

Innovar nuevas técnicas de evaluación de los elementos estructurales mediante métodos no destructivos y rehabilitación de las estructuras de madera. Prever con anticipación daños de sus estructuras provocados por el clima y la humedad del ambiente.

2.3 Marco contextual

2.3.1 Vigas

Las vigas figuran entre los elementos estructurales más comunes, dado que la mayor parte de las cargas son verticales y la mayoría de las superficies utilizables son horizontales. Por consiguiente las vigas transmiten en dirección horizontal las cargas verticales, lo que implica una acción de flexión y corte. Los arcos funiculares ocupan un extremo de la escala de tensiones, con ausencia de flexión; las vigas ocupan el extremo opuesto, trabajando sólo a la flexión.

2.3.2 Pórticos

La acción del sistema de pilar y dintel se modifica en grado sustancial si se desarrolla una unión rígida entre el dintel y el pilar llamándose ahora viga y columna. Esta nueva estructura, denominada el pórtico rígido simple o de una nave, se comporta de manera monolítica y es más resistente tanto a las cargas verticales como a las horizontales.

2.3.3 Cargas

Las cargas son fuerzas o conjunto de fuerzas que actúan sobre los elementos estructurales ejerciendo estados tensionales, se las representa con unidades de peso, unidades de peso por longitud y unidades de peso por superficie.

2.3.3.1 Clasificación de las cargas

- **Cargas Permanentes.-** Las cargas permanentes (o cargas muertas) están constituidas por los pesos de todos los elementos estructurales, tales como: muros, paredes, recubrimientos, instalaciones sanitarias, eléctricas, mecánicas, máquinas y todo artefacto integrado permanentemente a la estructura.
- **Cargas Variables.-** Las sobrecargas que se utilicen en el cálculo dependen de la ocupación a la que está destinada la edificación y están conformadas por los pesos de personas, muebles, equipos y accesorios móviles o temporales, mercadería en transición, y otras.
- **Cargas accidentales.-** Dentro de este grupo se encuentran las que pudiesen actuar en algún momento sobre la estructura de la edificación sin haber sido prevista, pero que dicha estructura debe ser capaz de asimilar para no perder su estabilidad.

2.3.4 Estructura

La estructura desde el punto de vista constructivo, son elementos capaces de soportar cargas puntuales y repartidas.

2.3.4.1 Clasificación de las estructuras

Los elementos estructurales se clasifican de acuerdo:

- **Dimensión.-**

  Elementos lineales: sometidos a esfuerzos grandes como por ejemplo columnas, pilotes, vigas, dinteles, zapatas corridas.

  Elementos planos: tienen una superficie y un espesor pequeño como por ejemplo losas de cimentación, muros de contención, muros de carga, paredes o tabiques, membranas elásticas.

  Elementos de volumen: están sometidas a tensiones y compresiones en distintas direcciones.

- **Estado tensional.-**

  Tracción: membranas, cables

  Compresión: columnas

  Flexión: vigas, arcos, placas.

  Torsión: Ejes de transmisión.

- **Forma geométrica.-**

  Es según el modelo estructural usado, la tensión varía si es recta o curva.

2.3.5 Madera

La madera es un recurso forestal explotado por el hombre, de carácter renovable, pero debe existir control para preservarlos, manejándolos con la

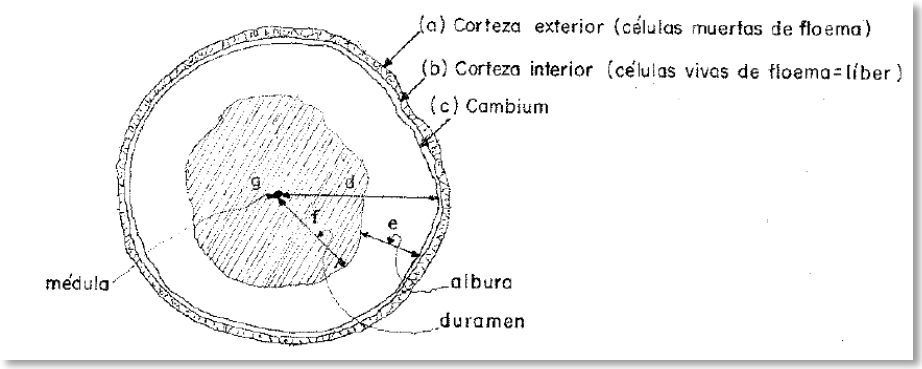
concepción de sustentabilidad; como elemento estructural posee varias características como proporcionar facilidad al manejo del material, se puede elaborar estructuras complejas, incluso tiene buen comportamiento contra los sismos; es económico, porque requiere poco gasto de energía al transportar y montar en obra.

2.3.5.1 Estructura de la madera:

El Tronco:

La sección transversal de un árbol maduro está compuesto por las siguientes partes:

Figura 5 *Partes del tronco*



Fuente: *Manual de diseño para maderas del Grupo Andino*

- **Corteza exterior:** Está formada por células muertas de floema y su función principal es proteger al árbol de los agentes externos; como la insolación.
- **Corteza interior:** Compuesto por el tejido floemático vivo, también conocido como líber, cuya función es transportar el alimento elaborado en las hojas hacia las raíces, tronco y raíces.
- **Cambium:** Se encuentra en la corteza interior y es la encargada de elaborar células de madera hacia el interior y floema hacia el exterior.

- **La madera o Xilema:** Es la parte leñosa del tronco.
- **La Albura:** Se encarga de distribuir el agua y las sales minerales de las raíces a las hojas, su espesor varía dependiendo de las especies.
- **El duramen:** Proporciona resistencia y soporte al árbol.
- **Médula:** Es la parte central del tronco, conformado por tejido parenquimático.

Estructura Anatómica:

Según el grado de apreciación visual la estructura anatómica se dividen en tres niveles:

- **Estructura Macroscópica:** Se puede observar a simple vista o con la ayuda de una lupa.

Anillos de crecimiento.- Son capas que tienen la forma de circunferencia, estos anillos se forman debido a que cuando cambia de estación se producen distintos tamaños de células y de distinto color; estos variantes se pueden notar en árboles de zonas templadas, en las zonas tropicales los anillos son levemente notorios.

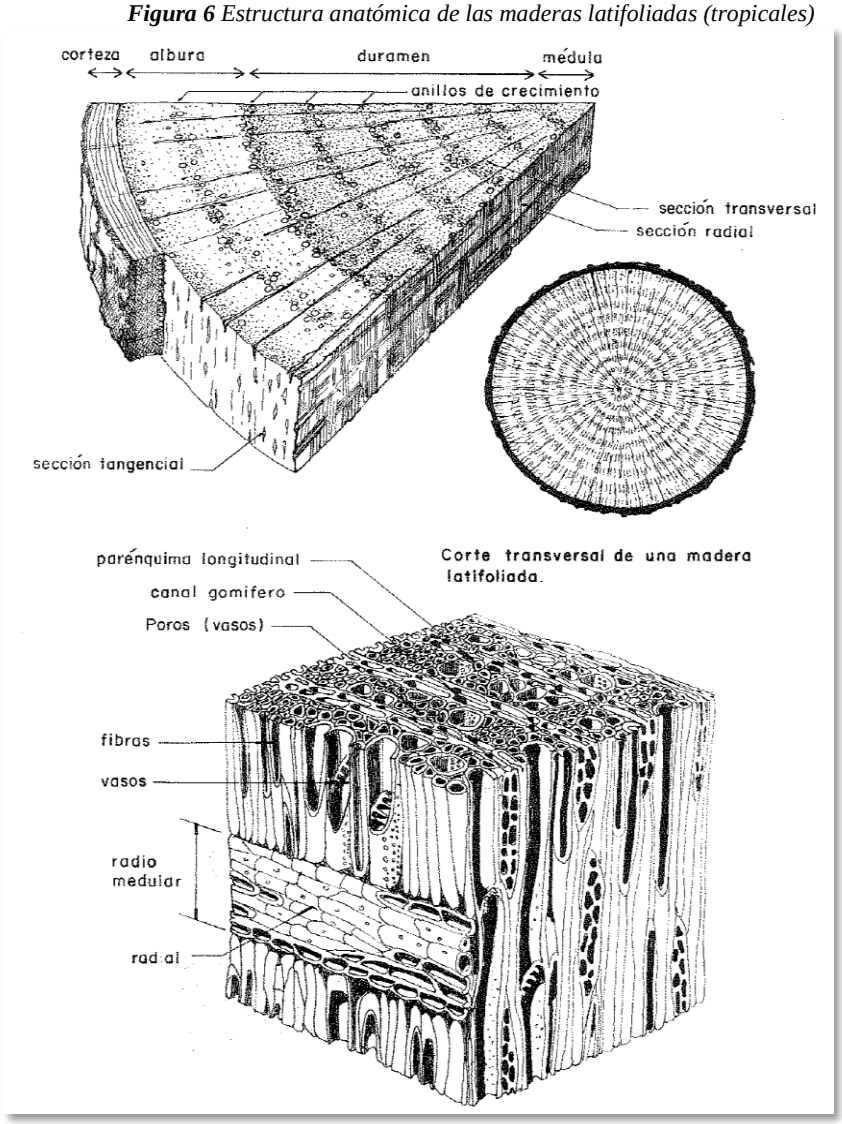
Radios medulares.- Se encuentra constituido por células parenquimáticas, son líneas que van desde el interior al exterior del árbol, formando el sistema transversal del tronco.

Parénquima Longitudinal.- Posee un color más claro que el tejido fibroso, esta nos ayuda a la identificación de la especie.

- **Estructura Microscópica:** Según su estructura microscópica se clasifican en:

Maderas Latifoliadas.- Su estructura anatómica es heterogénea, las células leñosas forman del 6 al 50% del volumen total de la madera, cuya función es la de almacenar sustancias de reserva; este porcentaje es mayor en las maderas blandas y porosas.

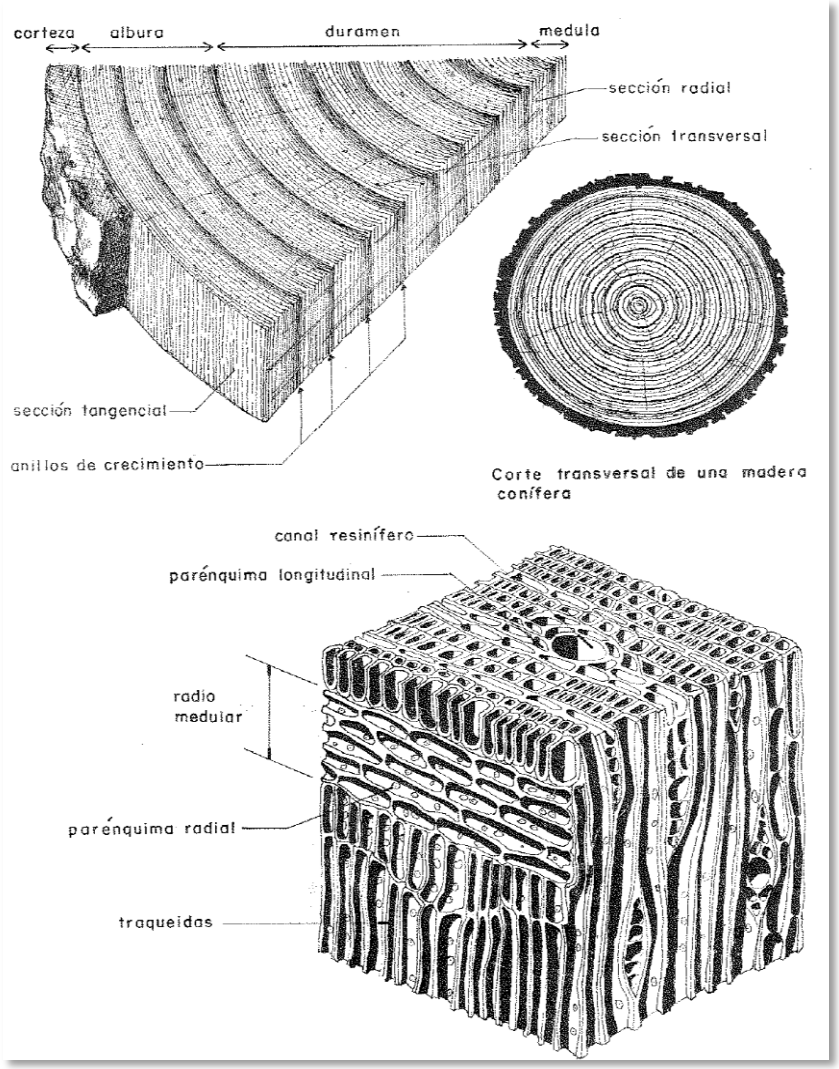
Figura 6 *Estructura anatómica de las maderas latifoliadas (tropicales)*



Fuente: *Manual de diseño para maderas del Grupo Andino*

Maderas Coníferas.- Su estructura anatómica es homogénea, tiene elementos leñosos denominados traqueidas; que forman del 80 al 90 % del volumen total de la madera, la función de estas es de resistencia y conducción.

Figura 7 *Estructura Anatómica de las maderas coníferas*



Fuente: *Manual de diseño para maderas del Grupo Andino*

Tabla 1 Estructura microscópica de la madera

Sistema	Elementos	Latifoliadas	Coníferas
Longitudinal	Prosenquimáticos	Vasos Fibras	Traqueidas
	Parenquimáticos	Parénquima Longitudinal	Parénquima Longitudinal
Transversal	Prosenquimáticos	No tiene	Traqueidas
	Parenquimáticos	Parénquima Radial	Parénquima Radial

Fuente: *Manual de diseño para maderas del Grupo Andino*

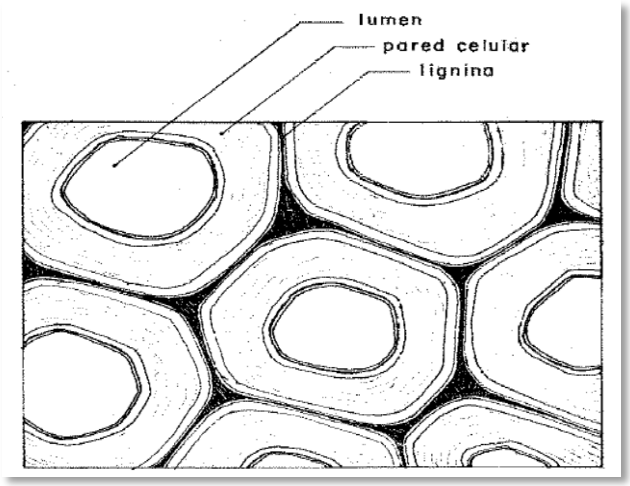
- **Estructura Submicroscópica:** La célula leñosa posee el lumen que es una cavidad delimitada por una pared que consta de tres capas:

Lámina media.- es la capa intercelular, se encuentra compuesta por lignina y pectina.

Pared Primaria.- Cuenta con un 5% de celulosa en forma de fibrillas y también está compuesta de lignina y pectina.

Pared Secundaria.- Está compuesta el 94% de celulosa y formada por tres capas, su capa central es la de mayor espesor y sus fibrillas se orientan al eje de la célula; la orientación es fundamental en la resistencia de la fibra.

Figura 8 *Estructura de la fibra*



Fuente: *Manual de diseño para maderas del Grupo Andino*

2.3.5.2 Características físicas de la madera:

Contenido de humedad:

La madera contiene agua bajo tres formas:

- **Agua libre.-** Se encuentra en las cavidades celulares.

- **Agua higroscópica.-** La que contienen las paredes celulares.
- **Agua de constitución.-** Forma parte de la estructura molecular.

Cuando la madera es expuesta al ambiente, comienza el proceso de secado; lo que primero pierde es el agua libre, luego el agua higroscópica; el agua de constitución únicamente se pierde por combustión de la madera. En función de la cantidad de agua que contenga la madera pueden presentarse tres estados:

- **Verde.-** cuando ha perdido parte del agua libre.
- **Seco.-** cuando ha perdido la totalidad del agua libre y parte del agua higroscópica.
- **Anhidro.-** cuando ha perdido toda el agua libre y toda el agua higroscópica.

El contenido de humedad (CH), se define como el porcentaje en peso, que tiene el agua libre más el agua higroscópica con respecto al peso de la madera anhidra. Para una muestra de madera el CH será[3]

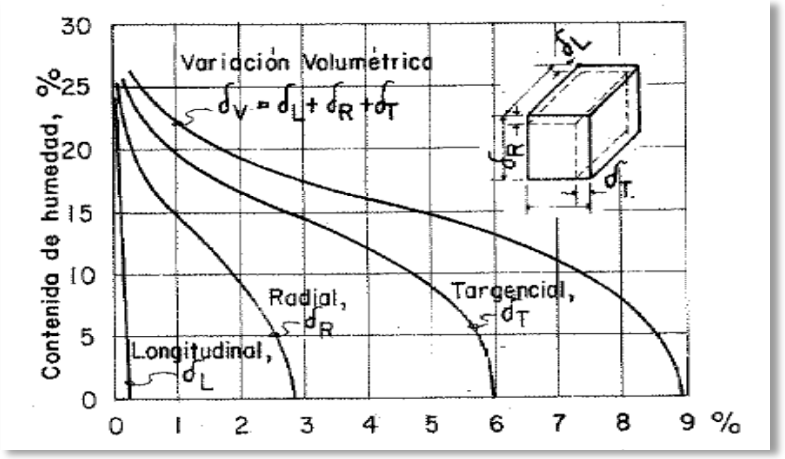
$$CH\% = \frac{Pesohúmedo - Pesoanhidro}{Pesoanhidro} x100$$

Cambios dimensionales:

Estos cambios dimensionales suelen ocasionarse por la el aumento o disminución del agua higroscópica.

[3] (Junta del Acuerdo de Cartagena PADT REFORT, 1984)

Figura 9 *Cambios dimensionales en la madera con el contenido de humedad*



Fuente: *Manual de diseño para maderas del Grupo Andino*

La contracción puede calcularse usando la siguiente fórmula; esta expresión no es aplicable cuando CHf o CHi son mayores que PSF (Punto de Saturación de las Fibras).

$$EoC\% = \frac{CHf - CHi}{PSF} xK$$

Densidad y peso específico

La densidad es la relación que existe entre masa y el volumen de un cuerpo, en donde la masa es el peso de la madera divido para el valor de la gravedad y el volumen de la madera depende del contenido de humedad, ya que es constante al encontrarse en estado verde, disminuye cuando el contenido de humedad es menor al Punto de Saturación de las fibras y vuelve a ser constante en su estado anhidro, así que una misma muestra madera se puede obtener cuatro densidades, dependiendo en el estado que se encuentre.

- Densidad verde (DV)
- Densidad seca al aire (DSA)

- Densidad anhidra (DA)
- Densidad básica (DB)

El peso específico (Pe) es la relación entre el peso de la madera, a un determinado contenido de humedad, y el peso del volumen de agua desplazado por el volumen de la madera.[4]

Expansión y conductividad térmica

La conductividad térmica es la capacidad que tiene un material al transportar calor; esta propiedad de la madera es directamente proporcional a su densidad y al contenido de humedad.

Tabla 2 Conductividad térmica de materiales

Material	Conductividad Kcal/hora-m-°C
Aire	0.0216
Lana mineral	0.03
Madera Anhidra (DA=0.4)	0.03
Madera Anhidra (DA=0.8)	0.12
Corcho	0.08
Mortero de Yeso	0.30
Ladrillo	0.50 – 0.80
Concreto	1.15 – 1.40
Acero	35.00 – 50.00
Cobre	350

Fuente: Manual de diseño para maderas del Grupo Andino

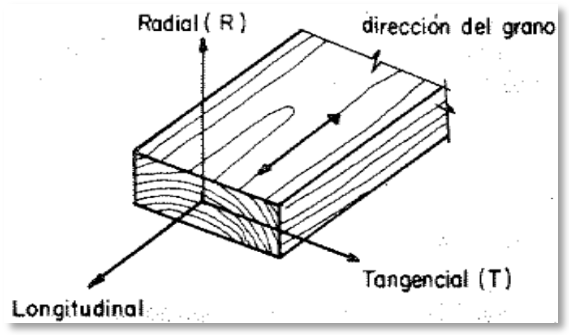
[4] (Junta del Acuerdo de Cartagena PADT REFORT, 1984)

Transmisión y absorción de sonido

La madera tiene buen comportamiento acústico, esta propiedad está relacionada con su densidad, debido a esto no puede bloquear la transmisión del sonido.

2.3.5.3 Propiedades resistentes de la madera.

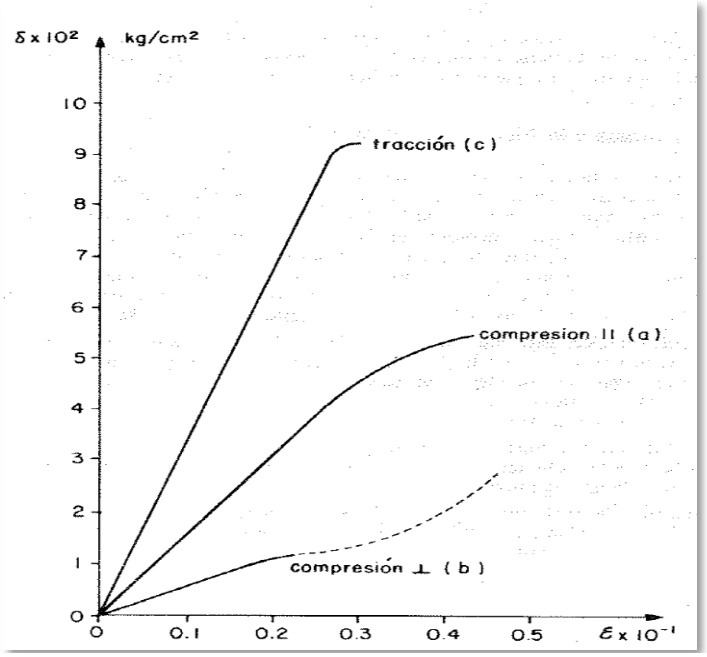
Figura 10 *Direcciones ortogonales de la madera*



Fuente: *Manual de diseño para maderas del Grupo Andino*

- **Resistencia a la compresión paralela:** Cuando los esfuerzos de compresión son paralelos a sus fibras la madera presenta gran resistencia.
- **Resistencia a la compresión perpendicular:** Cuando los esfuerzos son perpendiculares a las fibras, esta comprime las cavidades y provoca que tenga mayor resistencia.
- **Resistencia a la tracción**: esta es aproximadamente 2 veces la resistencia a la compresión paralela.

Figura 11 Curvas esfuerzo deformación para maderas latifoliadas



Fuente: Manual de diseño para maderas del Grupo Andino

- **Resistencia al corte:** el cizallamiento aparece cuando los elementos se encuentran sometidos a flexión; el esfuerzo de rotura en probetas varía entre 25 y 200Kg/cm^2.
- **Resistencia a la flexión paralela al grano:** dependiendo del contenido de humedad la resistencia a la flexión varía entre 200 y 1700 Kg/cm^2.

2.3.5.4 Propiedades elásticas de la madera

- **Módulo de Elasticidad:** Se lo denomina al incremento de esfuerzo y el cambio correspondiente a la deformación unitaria. Lo podemos obtener mediante la curva de esfuerzo deformación, ensayo de compresión paralela o también mediante ensayos a flexión.

- **Módulo de corte o rigidez:** También llamado módulo de elasticidad tangencial, relaciona deformaciones con esfuerzo de cizallamiento. La madera tiene varios módulos de rigidez pero el que más usado es el que va en el mismo sentido de sus fibras.
- **Módulo de Poisson:** Es la relación que existe entre la deformación lateral y deformación longitudinal. En las maderas el coeficiente de Poisson varìa de entre 0.325 a 0.40 para densidades de 0.5 g/cm^3.

2.3.5.5 Madera Guachapelí

Figura 12 *Árbol de Guachapelí*

Fuente: *Especies Forestales de los Bosques Secos del Ecuador*

Nombre Científico: Pseudosamanea guachapele (Kunth.) Harms.

Sinónimos: Acacia guachapele Kunth, Pithecellobium guachapele (Kunth) J.F. Macbr, Albizia guachapele (Kunth) Dugand.

Descripción Botánica: Puede llegar de 20 a 25 m de altura y de 40 a 50 cm de DAP (Diámetro altura de Pecho),

Usos de su madera: Se la usa en ebanistería y en la construcción; es durable y pesada (0.55-0.60 gr/cm3), tiene pocos defectos de secado moderado.

CAPITULO III

3. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL

3.1 Descripción de la vivienda a analizar

Figura 13 *Vivienda de construcción mixta objeto de estudio*

Fuente: *Noralma Castro*

El edificio que tomaremos como ejemplo para el presente estudio se encuentra ubicado en las calles Capitán Nájera 2426 entre Carchi y Tulcán, frente al Estadio de Baseball Yeyo Úraga, el misma que fue construida en el año 1961, es una casa en la que sus vigas, columnas, elementos de la cubierta y piso de planta alta son de madera de Guachapelí, y un techo de zinc.

Se encuentra ubicada dentro de las coordenadas UTM (Universal Transversal Mercator) WGS 84 zona 17 Sur.

Tabla 3 Coordenadas UTM de ubicación de la vivienda

Zona	17S	17S	17S	17S
Norte	9756981.49	9756979.77	9756993.00	9756990.81
Este	622472.92	622480.73	622477.32	622483.59

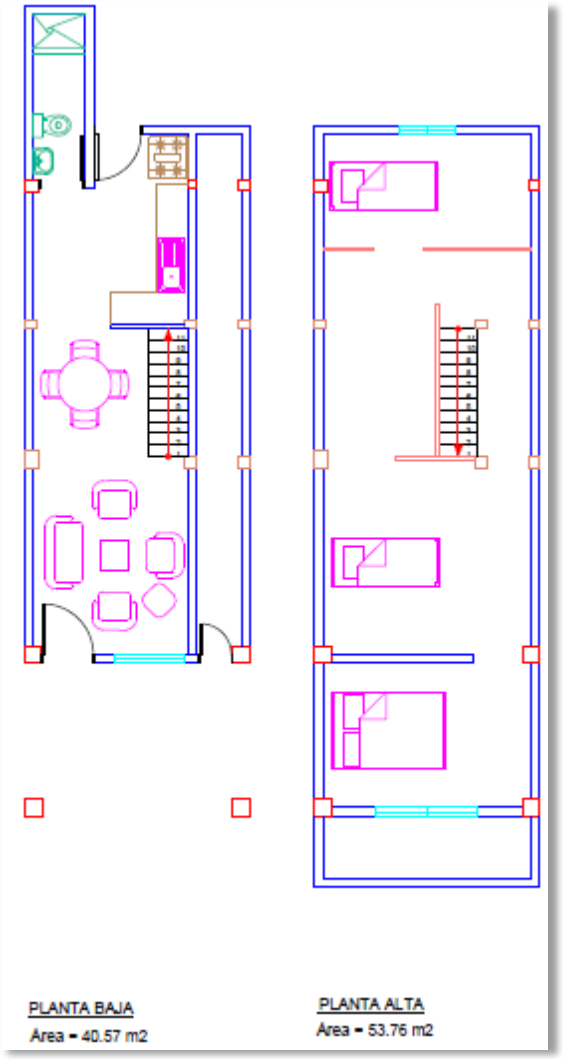
Fuente: *Noralma Castro*

Figura 14 *Ubicación de la vivienda*

Fuente: *Google Earth*

La vivienda consta de dos plantas, en la planta baja se ubica la sala comedor, cocina, zaguán con acceso directo al patio trasero y un baño su área de construcción es de 40.57 m2, y en el segundo nivel podemos encontrar tres dormitorios, la superficie total es de 53.76 m2, el uso actual de la vivienda es de uso residencial, en la que habitan 4 personas.

Figura 15 *Planos de la planta baja y alta de la vivienda*



Fuente: *Noralma Castro*

3.2 Inspección y registro fotográfico

Durante la inspección de la estructura de la vivienda hemos podido reconocer que algunos elementos que se encuentran en mal estado y que afectan a la seguridad del inmueble, que necesitarían rehabilitación y mantenimiento que serán necesarios para preservar la edificación de construcción mixta.

La madera utilizada para los elementos estructurales, ciertas paredes ubicadas en el segundo piso y el entrepiso, son de la especie de Guachapelí, las columnas se encuentran en buen estado, una de sus vigas presentan fisuras. La residencia, ha tenido intervenciones previas a este estudio en la que se han hecho cambios en ciertos pilares de madera para ser reemplazados por hormigón armado y aumento de la superficie del dormitorio que se encuentra ubicado en la parte trasera de la casa

Figura 16 *Vivienda de construcción mixta*

Fuente: *Noralma Castro*

Figura 17 *Piso de madera de Guachapelí*

Fuente: *Noralma Castro*

Figura 18 *Viga con fisuras*

Fuente: *Noralma Castro*

Figura 19 *Nervio de madera con daños en su sección*

Fuente: *Noralma Castro*

Figura 20 *Escaleras*

Fuente: *Noralma Castro*

3.3 Análisis estructural

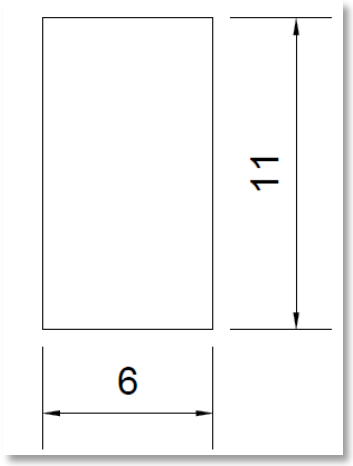
Para el análisis estructural es necesario saber las características físicas de la madera y de la mampostería de la vivienda para calcular las cargas muertas que ejercen en la vivienda, las cargas vivas serán dadas según el uso del edificio de acuerdo al NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción), capítulo de las cargas No Sísmicas. Se Analizará un nervio que presenta daños, mediante el software SAP 2000, y un pórtico en el cual su viga tiene una fisura en la mitad de su sección.

3.3.1 Cálculo de cargas

3.3.1.1 Cargas en el nervio:

La sección original del nervio es la siguiente:

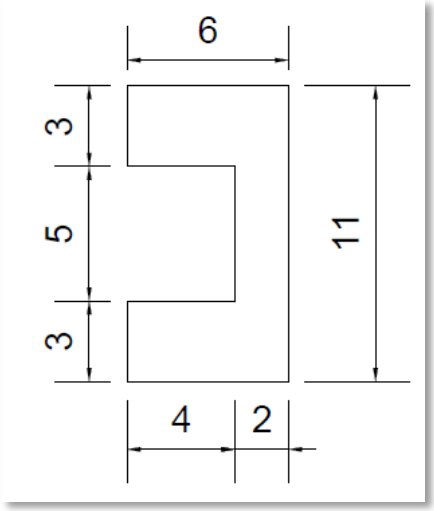
Figura 21 *Sección Transversal original del nervio, medidas en cm*



Fuente: *Noralma Castro*

Para el cálculo de cargas que ejercen en el nervio con daños su sección la analizaremos como viga en C:

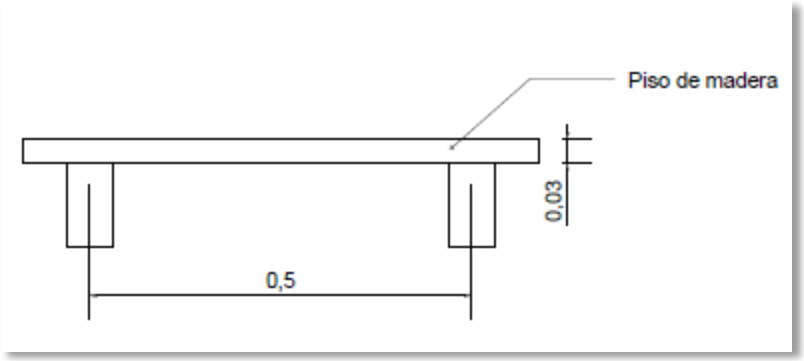
Figura 22 *Sección transversal actual del nervio, medidas en cm*



Fuente: *Noralma Castro*

Carga muerta del nervio:

Figura 23 *Sección transversal de piso*



Fuente: *Noralma Castro*

ϒmadera= 1100 Kg/m^3 ⇒ Peso específico de la madera

Wtabla = 0.03 m x 1100 Kg/m^3

Wtabla = 33 Kg/m^2

Wnervio = [2 (0.03 m x 0.06 m) + (0.05m x 0.02m)] x 1100 Kg/m^3

Wnervio = 5.06 Kg/m

Wtabla = 33 Kg/m^2 x 0.50 m = 16.50 Kg/m

Winstalaciones= 12 Kg/m^2 x 0.50 m = 6.00 Kg/m

Total Carga muerta = 5.06 Kg/m + 16.50 Kg/m + 6.00 Kg/m

WD = 27.56 Kg/m ⇒ 30 Kg/m

Carga Viva del nervio:

Figura 24 *Carga Viva según ocupación o uso*

Ocupación o Uso	Carga uniforme (kN/m^2)	Carga concentrada (kN)
Hospitales		
Sala de quirófanos, laboratorios	2.90	4.50
Sala de pacientes	2.00	4.50
Corredores en pisos superiores a la planta baja	4.00	4.50
Instituciones penales		
Celdas	2.00	
Corredores	4.80	
Pasamanos, guardavías y agarraderas de seguridad	Véase sección 4.5 ASCE/SEI 7-10	
Pasarelas y plataformas elevadas (excepto rutas de escape)	3.00	
Patios y terrazas peatonales	4.80	
Pisos para cuarto de máquinas de elevadores (áreas de 2600 mm^2)		1.40
Residencias		
Viviendas (unifamiliares y bifamiliares)	2.00	
Hoteles y residencias multifamiliares		
Habitaciones	2.00	
Salones de uso público y sus corredores	4.80	
Salas de baile	4.80	

Fuente: *NEC, capítulo Cargas (No Sísmicas)*

WL = 200 Kg/m2

WL = 200 Kg/m2 x 0.50 m= 100 Kg/m

Carga de servicio del nervio

WS = WD + WL

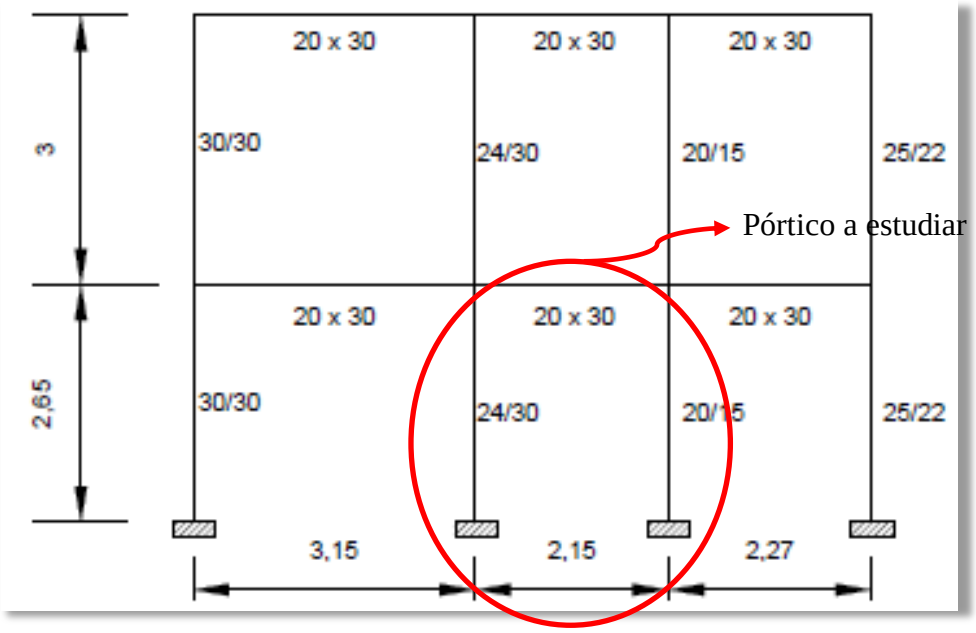
WS = 30 Kg/m + 100 Kg/m

WS = 130 Kg/m

3.3.1.2 Cargas en la viga:

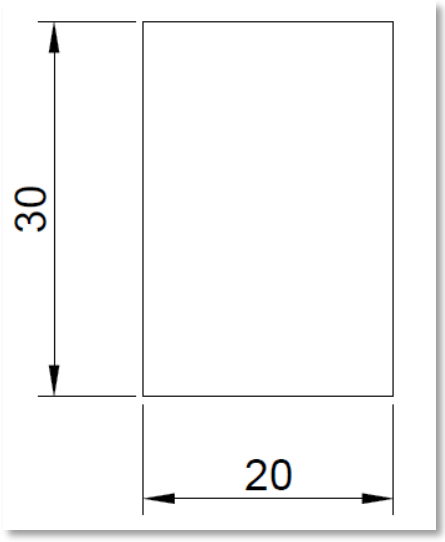
Para el cálculo de cargas que ejercen en la viga se analizará un pórtico en el que la viga tenga la mitad de la altura de su sección debido a que esta presenta fisuras.

Figura 25 *Pórticos de la Vivienda*



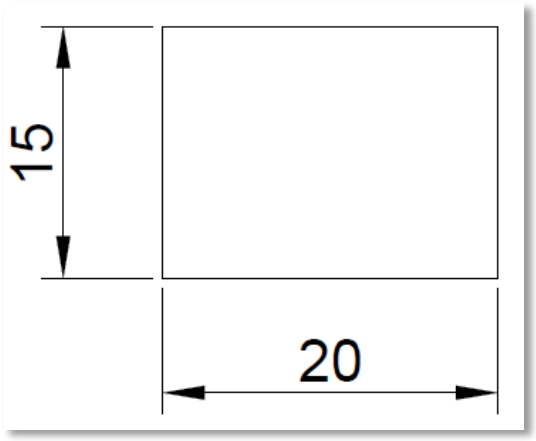
Fuente: *Noralma Castro*

Figura 26 *Sección original de la viga*



Fuente: *Noralma Castro*

Figura 27 *Sección actual de la viga*



Fuente: *Noralma Castro*

Carga muerta de la viga:

ɣmampostería= 1000 Kg/m^3

hpared = 3 m

epared = 0.15 m

Wpared = 3 m x 0.15 m x 1000 Kg/m^3 x 1 m

Wpared = 450 Kg/m

Wtabla = 33 Kg/m^2 x 1.525 m

Wtabla = 50.325 Kg/m

Winstalaciones = 12 Kg/m^2 x 1.525 m

Winstalaciones = 18.30 Kg/m

Wviga= (0.15 m x 0.20 m) x 1100 Kg/m^3

Wviga= 33 Kg/m

Total carga muerta = 450 Kg/m + 50.325 Kg/m + 33 Kg/m + 18.30 Kg/m

WD = 551.625 Kg/m

Carga Viva de la viga:

figura 28 *carga viva según su ocupación o uso*

Ocupación o Uso	Carga uniforme (kN/m^2)	Carga concentrada (kN)
Hospitales		
Sala de quirófanos, laboratorios	2.90	4.50
Sala de pacientes	2.00	4.50
Corredores en pisos superiores a la planta baja	4.00	4.50
Instituciones penales		
Celdas	2.00	
Corredores	4.80	
Pasamanos, guardavías y agarraderas de seguridad	Véase sección 4.5 ASCE/SEI 7-10	
Pasarelas y plataformas elevadas (excepto rutas de escape)	3.00	
Patios y terrazas peatonales	4.80	
Pisos para cuarto de máquinas de elevadores (áreas de 2600 mm^2)		
		1.40
Residencias		
Viviendas (unifamiliares y bifamiliares)	2.00	
Hoteles y residencias multifamiliares		
Habitaciones	2.00	
Salones de uso público y sus corredores	4.80	
Salas de baile	4.80	

Fuente: *NEC, capítulo Cargas (No Sísmicas)*

WL = 200 Kg/m2

WL = 200 Kg/m2 x 1.525 m= 305 Kg/m

Carga de servicio de la viga

WS = WD + WL

WS = 551.625 Kg/m + 305 Kg/m

WS = 856.625 Kg/m

3.3.2 Cálculo de reacciones y momentos

3.3.2.1 Nervio de madera

Figura 29 *Nervio*

Fuente: Noralma Castro

Reacciones

Ra = Rb = $q \frac{L}{2}$

Ra= Rb= $130 \frac{3.15}{2}$

Ra= Rb= 204.75 Kg

Momento Máximo

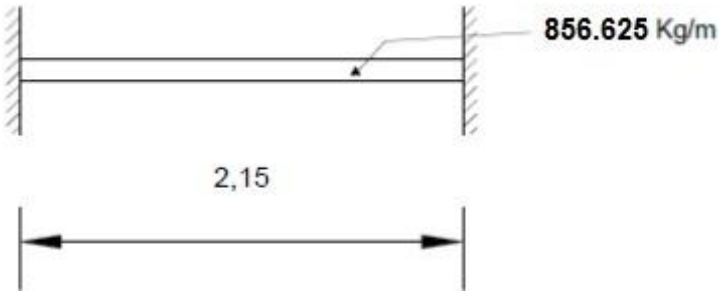
M máx= $q \frac{L^2}{8}$

M máx= $130 \frac{3.15^2}{8}$

M máx= 161.24 Kg-m

3.3.2.2 Viga de madera

Figura 30 *Viga*



Fuente: Noralma Castro

Reacciones

$$\mathbf{Ra = Rb = q\ \frac{L}{2}}$$

$$\mathbf{Ra= Rb= 856.625\ \frac{2.15}{2}}$$

Ra= Rb= 920.87 Kg

Momentos

$$\mathbf{Ma = Mb = q\ \frac{L^2}{12}}$$

$$\mathbf{Ma = Mb = 856.625\ \frac{2.15^2}{12}}$$

Ma = Mb = 329.98 Kg-m

Momento máximo

$$\mathbf{M\ máx= q\ \frac{L^2}{24}}$$

$$\textbf{M máx}=856.625\frac{2.15^2}{24}$$

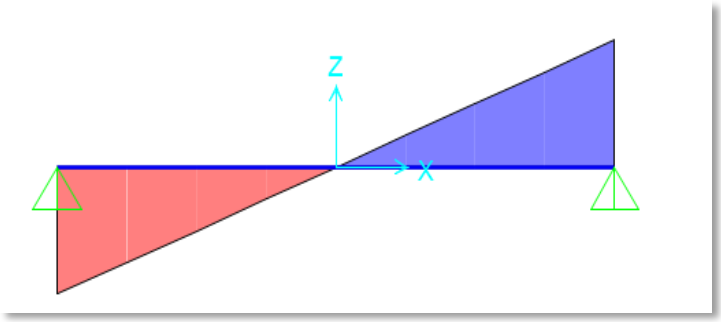
M máx= 164.99 Kg - m.

3.3.3 Gráficos de cortante y de momento

3.3.3.1 Nervio de madera

Gráfico de cortante

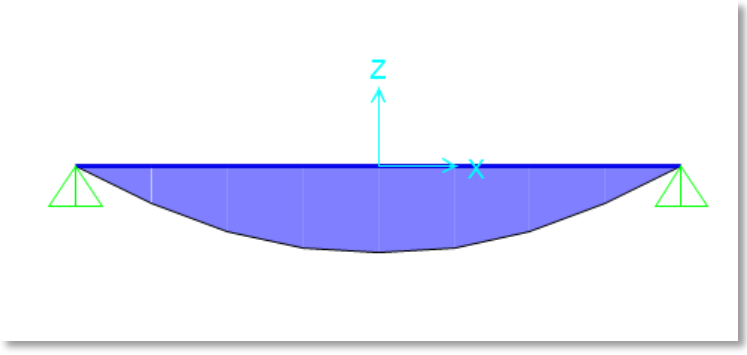
Figura 31 *Gráfico de cortante modelado en software Sap 2000*



Fuente: *Noralma Castro*

Gráfico de momento

Figura 32 *Gráfico de momentos modelado en Sap 2000*

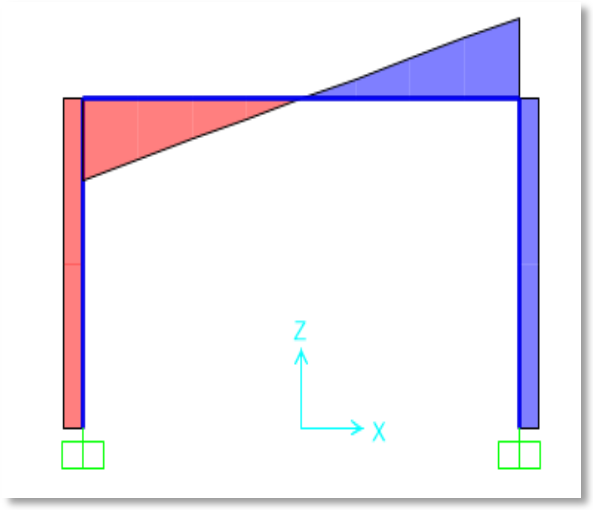


Fuente: Noralma Castro

3.3.3.2 Viga de madera

Gráfico de cortante pórtico

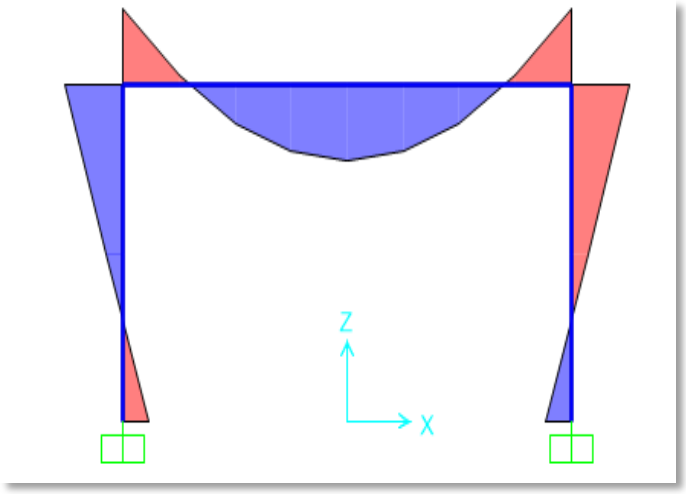
Figura 33 *Gráfico de cortantes de pórtico modelado en Sap 2000*



Fuente: *Noralma Castro*

Gráfico de momentos pórtico

Figura 34 *Gráfico de momentos de pórtico modelado en Sap 2000*

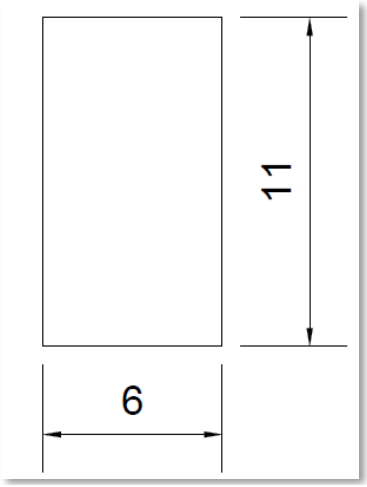


Fuente: Noralma Castro

3.3.4. Cálculo de inercia de secciones

3.3.4.1 nervio de madera sección original

Figura 35 Sección del nervio



Fuente: *Noralma Castro*

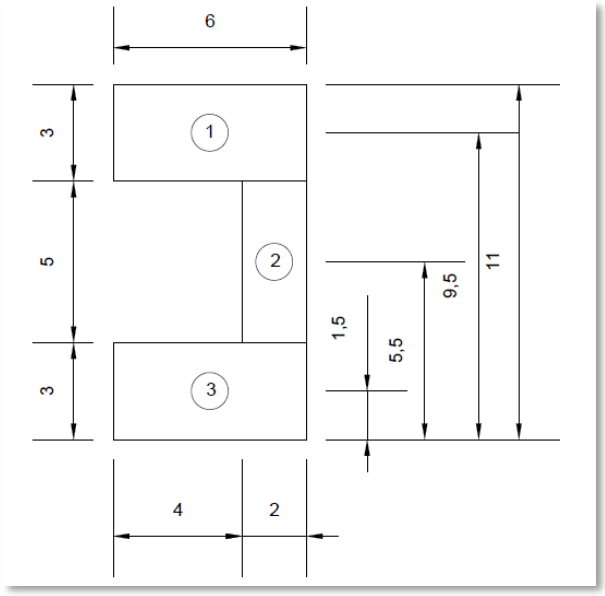
$$\mathbf{I} = \frac{b \times h^3}{12}$$

$$\mathbf{I} = \frac{\mathbf{0.06 \times 0.11^3}}{\mathbf{12}}$$

$$\mathbf{I} = 6.655 \times 10^{-6}\ m^4$$

3.3.4.2 Nervio de madera sección actual

Figura 36 *Dimensiones del nervio y distancias Y en cm*



Fuente: *Noralma Castro*

Tabla 4 Cálculo del Eje Neutro

Figura	Área m^2	Y M	M= A x Y m^3
1	0.0018	0.095	0.000171
2	0.001	0.055	0.000055
3	0.0018	0.015	0.000027
Total	**0.0046**		**$2.53x10^{-4}$**

Fuente: *Noralma Castro*

M= A x Y

En dónde

A= área de figura

Y= distancia del centro de cada figura a la base

Eje Neutro = $\frac{\text{Sumatoria M}}{\text{Sumatoria Área}}$

Eje Neutro = $\frac{2.53x10^{-4}}{0.0046}$

Eje neutro = 0.055 m

Distancia de la mitad cada figura al eje Neutro

D1= 0.04 m

D2= 0

D3= 0.04 m

Inercia de cada figura

I =$\frac{\mathbf{b\ x\ h^3}}{\mathbf{12}}$ + AD2

I1 = $\frac{\mathbf{0.06\ x\ 0.03^3}}{\mathbf{12}}$ + 0.0018 x (0.042)

I1= 3.06 x 10^{-6} m^4

I2= $\frac{\mathbf{0.02\ x\ 0.05^3}}{\mathbf{12}}$

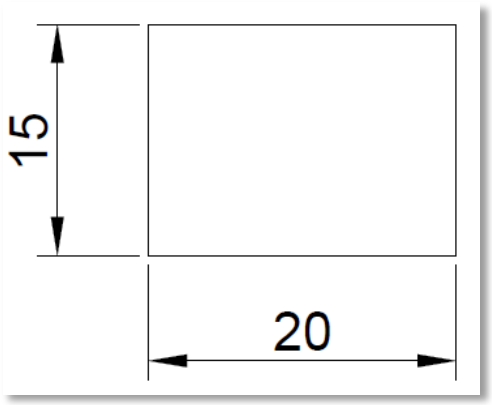
I2= 2.083 x 10^{-7} m^4

I3= $\frac{\mathbf{0.06 \times 0.03^3}}{\mathbf{12}}$ + 0.0018 x (0.042)

I3= 3.06 x 10^{-6} m^4

Total Inercia= 6.3283 x 10^{-6} m^4*3.3.4.3 Viga de madera*

Figura 37 *Sección de la viga*



Fuente: *Noralma Castro*

I = $\frac{\mathbf{b \times h^3}}{\mathbf{12}}$

I = $\frac{\mathbf{0.20 \times 0.15^3}}{\mathbf{12}}$

I = 5.625 x 10-5 m^4

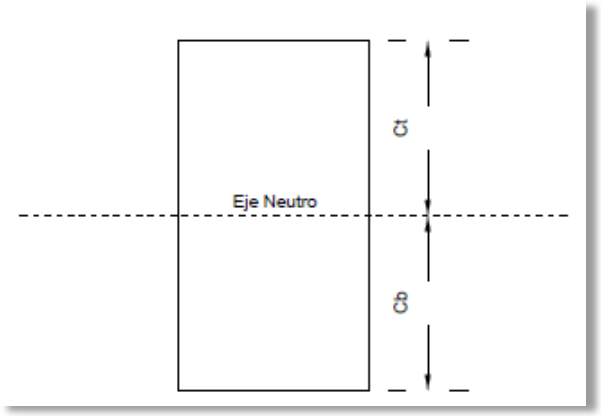
3.3.5. Cálculo de esfuerzos

$\sigma_{admisible}$= 150 Kg/cm2 $\Rightarrow$ Esfuerzo de trabajo de la madera [5]

[5] (Junta del Acuerdo de Cartagena PADT REFORT, 1984)

3.3.5.1 Nervio de madera – sección original

Figura 38 *Nervio de madera sección original*



Fuente: *Noralma Castro*

$$\sigma_{real} = \frac{M\ max\ X\ Cb}{I}$$

$$\sigma_{real} = \frac{161.24\ x\ 0.055}{6.655\ x\ 10-6}$$

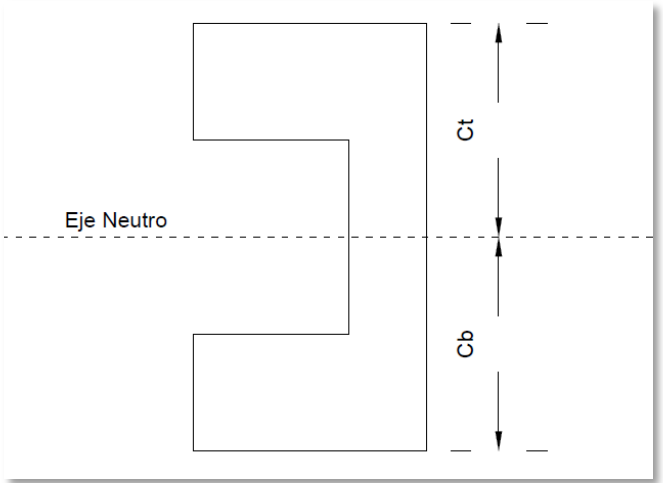
σ_{real}= 1332561.98 Kg/m^2

σ_{real}= 133.26 Kg/cm^2

134 Kg/cm^2 < 150 Kg/cm^2 ☑ Sí cumple

3.3.5.2 Nervio de madera – sección actual

Figura 39 *Nervio de madera*



Fuente: *Noralma Castro*

$$\sigma_{real} = \frac{M\ max\ X\ Cb}{I}$$

$$\sigma_{real} = \frac{161.24\ x\ 0.055}{6.3283\ x\ 10-6}$$

σ_{real}= 1401355.814 Kg/m^2

σ_{real}= 140.14 Kg/cm^2

141 Kg/cm^2 < 150 Kg/cm^2 ☑ Sí cumple, por razones de seguridad se procederá a rehabilitar.

3.3.5.3 Viga de Madera

$$\sigma_{real} = \frac{M\ max\ X\ C}{I}$$

$$\sigma_{real} = \frac{164.99\ \ x\ 0.075}{5.625\ x\ 10-5}$$

σ_{real} = 219986.67 Kg/m^2

σ_{real}= 22 Kg/cm^2

22 Kg/cm^2 < 150 Kg/cm^2 ☑ Si cumple

CAPÍTULO IV

4. REHABILITACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS

4.1 Rehabilitación del nervio

4.1.1. Descripción de daños:

- Pérdida de sección.
- Pequeñas perforaciones en la madera.

4.1.2. Posibles Causas:

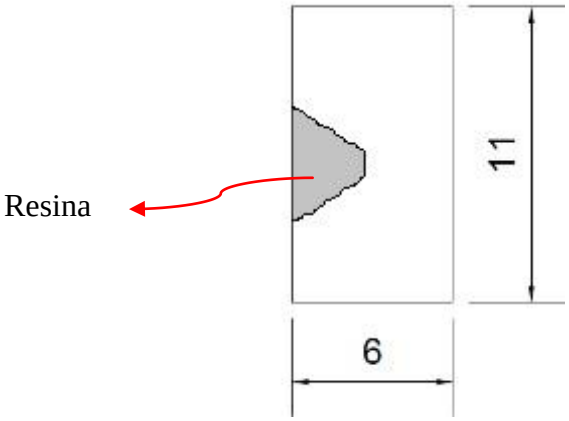
- La pérdida de sección se debe a la combinación de esfuerzo mecánicos con la pudrición, ocasionó la pérdida de sección.
- Las pequeñas perforaciones son causadas por el ataque de insectos; algunos se alojan y otros se alimentan de ella, provocando daños.
- La madera al ser un material natural al ser expuesto a diversos factores como humedad, oxígeno, estos la pueden degradar.

4.1.3. Propuesta de rehabilitación

- Refuerzo con resinas.

Para la rehabilitación de la sección del nervio de madera se puede utilizar resinas de tipo epoxídico, mezclada con arena de sílice y así recuperar la sección perdida, esta mezcla presenta características mecánicas similares a las de la madera.

Figura 40 *Sección del Nervio rehabilitado con resina*

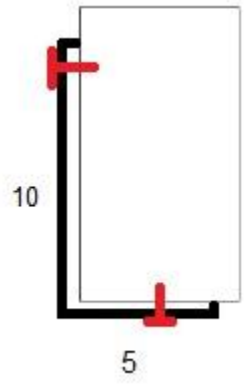


Fuente: Noralma Castro

- Refuerzo con perfiles metálicos de acero.

Otra propuesta de rehabilitación de la sección del nervio es utilizar perfilería metálica adosada a los lados del elemento estructural de madera, realizando el anclaje con tornillos.

Figura 41 *Nervio rehabilitado con perfiles de acero*



Fuente: Noralma Castro

Cronograma

	M E S E S														
	JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE		
ACTIVIADES	1-15	16-20-	21-30	1-15	16-20-	21-30	1-15	16-20-	21-30	1-15	16-20-	21-30	1-15	16-20-	21-30
Ideas de investigación															
Recolección de Información															
Preparación del tema de investigación															
Elaboración y presentación del anteproyecto															
Aprobación del anteproyecto															
Recolección y preparación de información															
Recolección de información y elaboración de primer capitulo															
Presentación para revisión del capitulo															
Correcciones del capitulo															
Recolección de información y elaboración de segundo capitulo															
Presentación para revisión del capitulo															
Correcciones del capitulo															
Recolección de información y elaboración de tercer capitulo															
Presentación para revisión del capitulo															
Correcciones del capitulo															
Recolección de información y elaboración de cuarto capitulo															
Presentación para revisión del capitulo															
Correcciones del capitulo															
Recolección de información y elaboración de Conclusiones recomendación, resumen.															
Revisión de todo el proyectos de investigación															
Presentación para revisión de Director del proyecto															
Fin de información y encuadernación de proyecto															
Presentación de 100% de proyecto															
Defensa															

CONCLUSIONES

La madera es muy usada en varias industrias especialmente en la construcción, debido a su composición interna, que presenta un buen comportamiento ante las cargas que soporta como elemento estructural.

Durante la inspección técnica que se realizó en la vivienda se pudo evidenciar que los principales factores que afectan a las estructuras son los insectos como la polilla y la falta de mantenimiento a las mismas.

En el caso del nervio de madera uno de los mayores daños que se evidencia es su pérdida de sección, que suele ser ocasionada por la pudrición, y pequeños orificios, ocasionada por larvas de insectos.

La viga de madera presenta una fisura longitudinal causada por cizallamiento o llamada tensión cortante.

Se necesita de criterio técnico en el que tenga el mínimo de errores y así brindar soluciones más adecuadas, en el que se indique cuál es el motivo de la patología presentada, planteando alternativas para una adecuada rehabilitación de la estructura a intervenir conservando sus propiedades y dimensiones.

En este proyecto se puede concluir que la madera es un material que puede ser atacado fácilmente por factores bilógicos, los cuales de no ser atendidos a tiempo pueden llegar a afectar seriamente a la estructura de la vivienda.

RECOMENDACIONES

Para elegir el tratamiento adecuado para la rehabilitación la persona encargada de la misma debe considerar la factibilidad de la propuesta escogida tomando en cuenta la economía, que sea duradera y de fácil aplicación.

La Propuesta más destacada desde mi punto de vista es la de reforzar con resina las estructuras, ya que es un material económico, en la publicación del Arq. Mikel Landa Esparza, indica que se debe realizar un mortero de este material con áridos y su aplicación debe ser sobre una superficie limpia y libre de humedad.

La madera debido a que es atacada por factores como la humedad, insectos, hongos, por el paso del tiempo, es necesario que se apliquen productos insecticidas y fungicidas para inmunizar y estas le otorguen mayor resistencia a las causas bilógicos que la afectan.

Para evitar daños en las estructuras de madera se debe realizar una evaluación de las mismas constantemente para detectar fallas a tiempo, así impedir que los daños pasen a mayores y convendría hacer plan de mantenimiento preventivo.

ANEXOS

ANEXO 1: CARGA MUERTA: PESOS DE LOS MATERIALES

Material	Peso Unitario KN/m^3
A. Rocas	
Basalto	29.0 – 30.0
Granito	26.0 – 28.0
Andesita	26.0 – 28.0
Sienita	27.0 – 29.0
Pórfida	26.0 – 27.0
Gabro	29.0 – 31.0
Arenisca	26.0 – 27.5
Calizas compactas y mármoles	27.0 – 28.0
Pizarra para tejados	28.0
B. Piedras artificiales	
Adobe	16.0
Amianto-cemento	20.0
Baldosa cerámica	18.0
Baldosa de gres	19.0
Hormigón simple	22.0
Hormigón armado	24.0
Ladrillo cerámico prensado (0 a 10% de huecos)	19.0

Ladrillo cerámico perforado (20 a 30% de huecos)	14.0
Ladrillo cerámico hueco (40 a 50% de huecos)	10.0
Ladrillo artesanal	16.0
Bloque hueco de hormigón	12.0
Bloque hueco de hormigón alivianado	8.5
C. Materiales granulares	
Arena seca	14.5
Arena húmeda	16.0
Arena saturada	18.0
Arena de pómez seca	7.0
Ripio seco	16.0
Ripio húmedo	20.0
Grava (canto rodado)	16.0
Gravilla seca	15.5
Gravilla húmeda	20.0
Tierra seca	14.0
Tierra húmeda	18.0
Tierra saturada	20.0
D. Morteros	
Cemento compuesto y arena (1:3 a 1:5)	20.0
Cemento compuesto de cal y arena	18.0
Cal y arena	16.0
Yeso	10.0

E. Metales	
Acero	78.5
Aluminio	27.0
Bronce	85.0
Cobre	89.0
Estaño	74.0
Fundición gris	72.0
Latón	85.0
Plomo	114.0
Zinc	72.0
F. Materiales diversos	
Alquitrán	12.0
Asfalto	13.0
Cal	12.0
Hielo	9.0
Libros y documentos	8.5
Papel	11.0
Plástico en planchas	21.0
Vidrio plano	26.0
Elementos secundarios	
G. Contrapiso y recubrimientos	**KN/m^2**
Baldosa de mármol reconstituido con mortero de cemento: por cada cm, de espesor	0.22
Baldosa de cerámica, con mortero de cemento: por	0.20

cada cm, de espesor	
Contrapiso de hormigón ligero simple, por cada cm, de espesor	0.16
Contrapiso de hormigón simple, por cada cm, de espesor	0.22
H. Cielorrasos y cubiertas	**KN/m^2**
De yeso sobre listones de madera (incluidos los listones)	0.20
De mortero de cemento compuesto de cal y arena	0.55
Plancha ondulada de fibrocemento : de 8mm de espesor	0.20
Plancha ondulada de fibrocemento : de 6mm de espesor	0.15
Chapa ondulada de acero galvanizado de 0.5mm de espesor	0.07
Chapa ondulada de acero galvanizado de 0.8mm de espesor	0.09
Chapa ondulada de acero galvanizado de 1.3mm de espesor	0.14
Teja de barro cocido sin mortero	0.50
Teja plana con mortero de cemento	0.85
Teja de hormigón con mortero	1.15

Fuente: Norma Ecuatoriana de la construcción

ANEXO 2: CARGA VIVA: SOBRECARGAS MÍNIMAS

Ocupación o uso	Carga uniforme (KN/m^2)	Carga concentrada (KN)
Almacenes		
Venta al por menor		
Primer piso	4.80	4.50
Pisos superiores	3.60	4.50
Venta al por mayor: Todos los pisos	6.00	4.50
Armerías y salas de instrucción militar	7.20	
Áreas de reunión y teatros		
Asientos fijos	2.90	
Áreas de recepción	4.80	
Asientos móviles	4.80	
Plataformas de reunión	4.80	
Escenarios	7.20	
Áreas de almacenamiento sobre techos	1.00	
Barreras vehiculares	Véase sección 4.5 ASCE 7 -10	
Balcones	4.80	

Bibliotecas		
Salas de lectura	2.90	4.50
Estanterías	7.20[c]	4.50
Corredores de piso superiores a planta baja	4.00	4.50

[c] Estas cargas se aplican en espacios de almacenamiento de bibliotecas y librerías que soportan anaqueles fijos con doble acceso, sujetos a las siguientes limitaciones:

- Altura máxima de 2300 mm
- Ancho máximo de 300 mm por lado de acceso
- Distancia entre anaqueles mayor o igual a 900 mm

Bodegas de almacenamiento (serán diseñadas para la mayor carga prevista)		
Livianas	6.00	
Pesada	12.00	
Coliseos (ver estadios y graderíos)		
Comedores y restaurantes	4.80	
Construcción ligera de placa de piso sobre un área de 625mm^2		0.90
Corredores – pasarelas – plataformas para mantenimiento	2.00	1.33
Corredores		
Primer piso		
Otros pisos de igual ocupación, excepto si existe otra indicación	4.80	
Cubiertas		
Cubiertas planas, inclinadas y curvas	0.70	

Cubiertas destinadas para áreas de paseo	3.00	
Cubiertas destinadas en jardinería o patios de reunión	4.80	
Cubiertas destinadas para propósitos especiales		
Toldos y carpas	i	i
Construcción en lona apoyada sobre una estructura ligera	0.24 (no reduc.)	
Todas las demás	1.00	
Elementos principales expuestos a áreas de trabajo		8.90
Carga puntual en los nudos inferiores de la celosía de la cubierta,		
Miembros estructurales que soportan cubiertas sobre fábricas,		
Bodegas y talleres de reparación vehicular		1.40
Todos los otros usos		1.40
Todas las superficies de cubiertas sujetas a mantenimiento de trabajadores		
En la región andina y sus estribaciones, desde una cota de 1000 m sobre el nivel del mar, no se permite la reducción de carga viva en cubiertas para prevenir caídas de granizo o ceniza.		
Departamentos (Ver residencias)		
Edificios de oficinas		
Salas de archivo y computación (se diseñará para la mayor carga prevista)		
Áreas de recepción y corredores del primer piso	4.80	9.00
Oficinas	2.40	9.00

Corredores sobre el primer piso	4.00	9.00
Escaleras fijas	Ver sección 4.5 ASCE/SEI 7-10	
Escaleras y rutas de escape	4.80	g
Únicamente residencias unifamiliares y bifamiliares	2.00	
[g] Cuando la sobre carga reducida de cubierta (menor a 1.0 N/m^2), calculada, sea utilizada para el diseño de miembros estructurales continuos, la sobrecarga se aplicará en dos tramos adyacentes y en tramos alternados para obtener las máximas solicitaciones.		
Estadios y coliseos		
Graderíos	4.80[d]	
Asientos fijos	3.00[d]	
[d] Adicional a las cargas vivas verticales, el diseño incluirá fuerzas horizontales aplicadas a cada fila de asientos, como sigue: • 400 N/m en dirección paralela, • 150 N/m en dirección perpendicular. Estas fuerzas no serán consideradas en forma simultánea.		
Fábricas/Industria/Manufactura		
Livianas	6.00	9.0
Pesadas	12.00	13.40
Garaje (Únicamente vehículos para pasajeros)	2.0[a,b]	
Camiones y buses	a,b	
[a] Los pisos de estacionamiento o partes de los edificios utilizados para almacenamiento de vehículos, serán diseñados para las cargas vivas uniformemente distribuidas de esta tabla o para las siguientes cargas		

concentradas:

- Para vehículos particulares (hasta 9 pasajeros) actuando en una superficie de 100mm por 100mm, 13.4 KN;y
- Para losas en contacto con el suelo que son utilizadas para el almacenamiento de vehículos particulares, 10 KN por rueda.

[b] Los estacionamientos para camiones y buses serán diseñados por algún método recomendado por AASHTO, MTOP, que contenga las especificaciones para cargas de camiones y buses.

Gimnasios	4.80	
Graderíos para estadios y similares	4.80[d]	
[d] Véase Estadios y coliseos		
Hoteles (ver residencias)		
Hospitales		
Sala de quirófanos, laboratorios	2.90	4.50
Sala de pacientes	2.00	4.50
Corredores en pisos superiores a la planta baja	4.00	4.50
Instituciones penales		
Celdas	2.00	
Corredores	4.80	
Pasamanos, guardavías y agarraderas de seguridad	Véase sección 4.5 ASCE/SEI 7 -10	
Pasarelas y plataformas elevadas (excepto rutas de escape)	3.00	
Patios y terrazas peatonales	4.80	
Pisos para cuartos de máquinas elevadores (áreas de 2600mm^2)		1.40
Residencias		

Viviendas (unifamiliares y bifamiliares)	2.00	
Hoteles y residencias multifamiliares		
Habitaciones	2.00	
Salones de uso público y sus corredores	4.80	
Salas de baile	4.80	
Salas de billar, bolos y otras áreas de recreación similares	3.60	
Salida de emergencia	4.80	
Únicamente para residencias unifamiliares	2.00	
Sistemas de pisos para circulación		
Para oficinas	2.40	9.0
Para centros de cómputo	4.80	9.0
Soporte para luces cenitales y cielos rasos accesibles		0.90
Unidades Educativas		
Aulas	2.00	4.50
Corredores segundo piso y superior	4.00	4.50
Corredores primer piso	4.80	4.50
Veredas, áreas de circulación vehicular y patios que puedan estar cargados por camiones	12.00	35.60[e]
[e] La carga concentrada de rueda será aplicada en un área de 100mm x 100mm.		

Fuente: Norma Ecuatoriana de la construcción

ANEXO 3: GRUPOS DE ESPECIES ESTUDIADAS EN EL PADT – REFORT PARA MADERA ESTRUCTURAL

PAIS	GRUPO	NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO
BOLIVIA	A	Almendrillo	Taralea oppositifolia
		Curupau	Piptadenia grata
	B	Coquino	Ardisia Cubana
		Mururé	Clarisia recemosa
		Verdolago	Terminalia amazonia
	C	Palo maría	Carophyllum brasiliense
		Yesquero	Cariniana estrellensis
COLOMBIA	A	Chanul	Humiriastrum procerum
		Chaquiro	Goupia glabra
		Oloroso	Humiria balsaminifera
	B	Machare	Symphonia globilifera
		Nato	Mora megistosperma
		Pantano	Hieronyma chocoensis
	C	Aceite mario	Calophyllum mariae
		Carrá	Huberodendron patinoi
		Dormilón	Pentaclethra macroloba
		Mora	Clarisia recemosa
		Sande	Brosimum utile
		Tangare	carapa guianensis
ECUADOR	A	Caimitillo	Chrysophyllum cainito
		Guayacán pechiche	Mincartia guianensis
	B	Chanul	Humiriaastrum procerum
		Moral fino	Chlorophora tinctoria
		Pituca	Clarisia recemosa
	C	Fernansánchez	Triplaris guayaquilensis
		Mascarey	Hieronyma chocoensis
		Sande	Brosimum utile

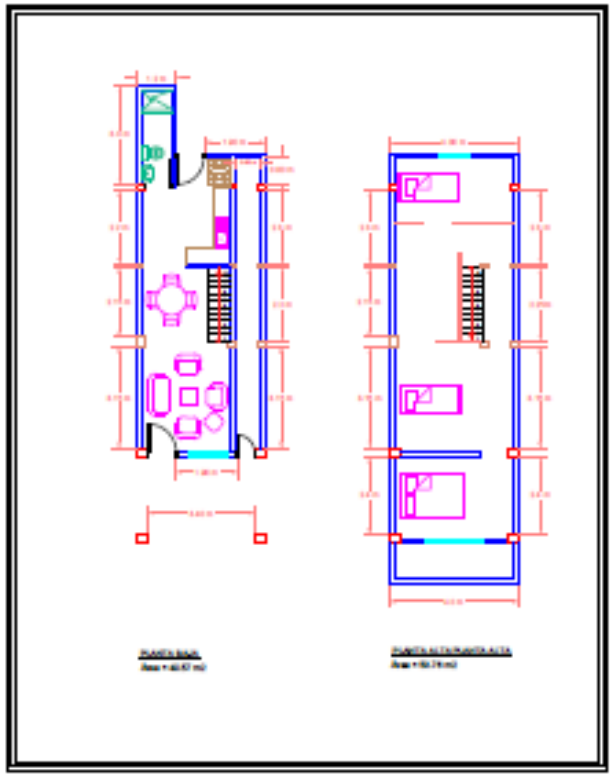
Fuente: Manual de diseño para madera del Grupo Andino

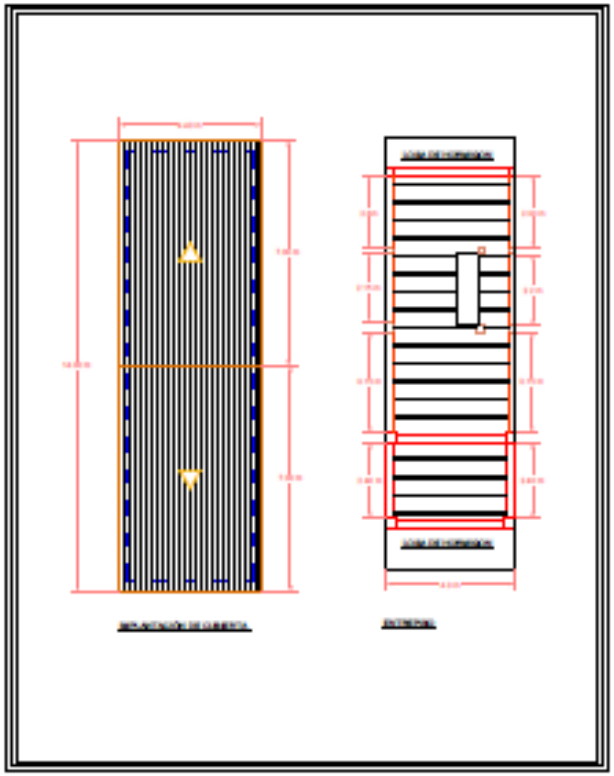
ANEXO 4: ESFUERZOS ADMISIBLES Y MÓDULOS DE ELASTICIDAD PARA MADERAS DEL GRUPO ANDINO

PROPIEDADES (kg/cm2)	GRUPO		
	A	B	C
Módulo de elasticidad mínimo E 0.05	95000	75000	55000
Módulo de elasticidad promedio E prom	130000	100000	90000
Esfuerzo de compresión producido por flexión fm	210	150	100
Esfuerzo de compresión paralela a las fibras fc	145	110	80
Esfuerzo de compresión perpendicular a las fibras fΦ	40	28	15
Esfuerzo de corte en la dirección paralela a las fibras fv	15	12	8
Esfuerzo de tracción en la dirección paralela a las fibras ft	145	105	75

Fuente: Manual de diseño para madera del Grupo Andino

PLANO DE PRESENTACIÓN





REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Junta del Acuerdo de Cartagena PADT REFORT. (1984). *Manual de diseño para madera del Grupo Andino.* Lima.

Esparza, M. L. (2000). Nuevas técnicas de reparación de estructuras de madera. *Boletín de información técnica N° 204*, 34 - 38.

Maderas América. (s.f.). *Maderas América*. Obtenido de http://www.maderasamerica.com.ar/consejo-practico-carpinteria-salta.php?Consejo=33

Mendoza, Z. H. (2012). *Especies Forestales de los Bosques Secos del Ecuador.* Quito: Ministerio del Ambiente.

MIDUVI - CAMICON. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción.* Quito: Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.

Monserrate, J. M. (29 de septiembre de 2008). Un paseo por las casas con historia y las construcciones pintorescas de la ciudad. *El Universo*.

Parker, H. (1995). *Diseño simplificado de estructuras de madera.* Mexico D.F.: LIMUSA S.A.

Serrano, V. (29 de julio de 2012). Las peñas, un barrio con reminiscencia. *El Universo*.

WINTER, A. H. (1994). *DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO* (11a. ed.). Santa Fe de Bogotá: McGraw-Hill.

Presidencia de la República del Ecuador

Plan Nacional de Ciencia y Tecnología Innovacion y saberes

senescyt

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGIA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

TÍTULO Y SUBTÍTULO	Rehabilitación de elementos estructurales de madera en edifcaciones de construcción mixta deterioradas debido al desgaste de los materiales causados por agentes ambientales, ubicados en el cantón Guayaquil, Provincia del Guayas.

AUTOR/ES: Noralma Elizabeth Castro Sesme	REVISORES: Ing. Pablo Lindao Ing. Adolfo Villacreses Ing. Lenín Moncayo
INSTITUCIÓN: Universidad de Guayaquil	FACULTAD: De Ciencias Matematicas y Fisicas
CARRERA: Ingenieria civil	
FECHA DE PUBLICACIÓN: 2015 - 2016	Nº DE PÁGS: 54

ÁREAS TEMÁTICAS: Estructuras
Rehabilitación de estructuras de madera

PALABRAS CLAVE:
<REHABILITACIÓN DE ESTRUCTURAS DE MADERA> <EDIFICACIÓN - DESGASTE - MATERIALES>
<AGENTES AMBIENTALES>

RESUMEN:

El presente proyecto de titulación, Rehabilitación de elementos estructurales de madera en edificaciones de construcción mixta deterioradas debido al desgaste de los materiales causados por agentes ambientales, ubicados en el cantón Guayaquil, provincia del Guayas, consiste en la evaluación de las estructuras de madera de una vivienda familiar de construcción mixta, en el cual se toma una casa de ejemplo construida en el año de 1961 ubicada en las calles Capitán Nájera 2426 entre Carchi y Tulcán, se realizan los cálculos respectivos de cargas en ciertas estructuras, en el trabajo también se indican las características físicas que poseen las maderas, así como las propiedades resistentes y elásticas de este material. Para evaluar y comprobar si las secciones actuales de las mismas soportan las cargas a las que se encuentran sometidas, el autor ejecuta el diagnóstico en la edificación mediante inspecciones técnicas visuales, se describe la vivienda a analizar, las condiciones en las que se encuentra, el área de construcción, si ya ha sido intervenida anteriormente y finalmente se indica el motivo por el cual se originaron los daños y sus patologías, se plantean el desarrollo de las propuestas de rehabilitación, según las averías que tengan sin afectar su diseño arquitectónico, como la de usar resinas epóxicas mezcladas con áridos y la de implementar perfiles de acero para restaurar las secciones perdidas, también se indica las recomendaciones a seguir para evitar futuras lesiones y averías en los elementos estructurales. Este tipo de investigaciones se deberían realizar ya que en la ciudad de

N. DE REGISTRO (en base de datos):	Nº. DE CLASIFICACIÓN:

DIRECCIÓN URL (tesis en la web):

ADJUNTOS PDF:	[x] SI	[ ] NO
CONTACTOS CON AUTOR/ES:	Teléfono: 6033058	E-mail: noralmacastro@gmail.co
CONTACTO EN LA INSTITUCIÒN:	Nombre: FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS	
	Telèfono: 2-283348	