

INSTITUTO TECNÓLOGICO DE COSTA RICA

ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

***Gmelina arborea* COMO MATERIAL PARA CONSTRUCCIÓN
SOSTENIBLE DE VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN
TERRITORIO INDÍGENA CABAGRA**

TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL CON EL GRADO
ACADÉMICO DE LICENCIATURA

JUAN CARLOS HERNÁNDEZ RIVAS

CARTAGO, COSTA RICA, 2021

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

***Gmelina arborea* COMO MATERIAL PARA LA
CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE DE VIVIENDAS DE
INTERÉS SOCIAL EN TERRITORIO INDÍGENA CABAGRA**

TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL CON EL GRADO
ACADÉMICO DE LICENCIATURA

JUAN CARLOS HERNÁNDEZ RIVAS

CARTAGO, COSTA RICA, 2021

***Gmelina arborea* COMO MATERIAL PARA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE DE VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN TERRITORIO INDÍGENA CABAGRA**

RESUMEN

Juan Carlos Hernández Rivas¹

Se planteó como objetivo general evaluar la madera aserrada y procesos de preservación de *Gmelina arborea* para el diseño de un catálogo de materia prima para construcción de viviendas de interés social en el Territorio Indígena Cabagra basado en las normas INTECO.

Para cumplirlo, se trabajó en el aserradero Maderas S&Q, en donde se realizaron evaluaciones del dimensionado, contenido de humedad, defectos y parámetros de penetración y retención del preservante utilizado. La madera evaluada fue clasificada en paneles para pared, paneles para piso y piezas de uso estructural, con base a la información recolectada se calcularon valores promedios para cada variable y fueron comparados contra los parámetros establecidos por la norma, asimismo, se realizó un análisis de las pruebas aplicadas para determinar la penetración y retención del preservante.

Se obtuvo que la madera se encontraba en condición verde, sin embargo, dos meses después de iniciado el secado hubo una disminución del 24 % en contenido de humedad, las dimensiones en general mostraron que para el espesor un 87,1 % de las piezas fueron clasificadas como clase 1, para el ancho un 86,1 % y para el largo un 99,9 %, en cuanto a defectos los paneles para pared y piso presentaron más del 95 % de las piezas en la clase 1 y las piezas de uso estructural menos del 95 %. Para la penetración se obtuvieron valores de 90-100 % de penetración de albura y valores de retención de 0,12-0,40 kg/m³, además, se generó un catálogo con especificaciones técnicas de cada pieza.

Palabras clave: Contenido de humedad, Retención, Penetración, Preservación

¹Hernández Rivas, J. (2021). *Gmelina arborea* como material para construcción sostenible de viviendas de interés social en Territorio Indígena Cabagra (Tesis de Grado). Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. 102p

***Gmelina arborea* AS A MATERIAL FOR SUSTAINABLE CONSTRUCTION ON SOCIAL HOUSING IN CABAGRA INDIGENOUS TERRITORY**

ABSTRACT

The planned objective was to assess the sawn timber and preservative process of *Gmelina arborea* timber to design a catalog containing raw materials for the construction of social housing in Cabagra indigenous territory, based on INTECO standards.

To achieve it, the study took place on the sawmill Maderas S&Q, where evaluations of the dimensioning, moisture content, defects and penetration and retention parameters were made. The timber was classified in wall panels, floor panels and structural use. Based on the information collected, average values were calculated of each classification and were compared against the parameter established by the standard. Likewise, an analysis was made of the applied tests to determine the preservative penetration and retention.

It was obtained that the timber was on green conditions, nevertheless, two months after the dryer, a 24% reduction on the moisture content was shown. The dimensions in general showed that an 87,1 % of the pieces for thickness were classified as class I, as well as an 86,1% of the width pieces and 99,9% of the length pieces. For the wall and floor panels 95% of them were classified as class 1, as well as the 95% of the structural use pieces. A range of 90-100 % was obtained on the sapwood preservative penetration, and for the preservative retention values of 0,12-0,40 kg/m³ were obtained. Also, a catalog with technical specifications for each piece was generated.

Keywords: Moisture content, Retention, Penetration, Preservation



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.

ACREDITACIÓN

CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DE PROYECTO DE GRADUACIÓN

Trabajo final de graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador, integrado por MBA Luis Diego Camacho Cornejo, M.Sc Cynthia Salas Garita, Ph.d Alexander Berrocal Jiménez como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Forestal, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Luis Diego Camacho Cornejo MBA
Director de tesis

Alexander Berrocal Jiménez Ph.d
Lector

Cynthia Salas Garita M.Sc
Lectora

Dorian Carvajal Venegas M.Sc
Coordinador de Trabajos
Finales de Graduación



Juan Carlos Hernández Rivas
Estudiante

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico en primer lugar a Dios y a mí familia; principalmente a mi padre, madre y hermana quienes con su gran esfuerzo y sacrificio me apoyaron en esta etapa tan importante en mi vida.

A cada una de las personas que me apoyaron y confiaron en mi incluyendo a mi pareja la cual siempre me brindo su apoyo y motivación.

Simplemente gracias infinitas a todos por quererme tanto y siempre estar a mi lado en todo momento.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios por permitirme concluir esta etapa de manera exitosa y por siempre bendecirme en cada paso que di en este proceso.

A mis familiares, ya que, sin su apoyo económico, emocional y sus buenos deseos no podría haber culminado esta etapa.

Al proyecto de Extensión “Fortalecimiento de capacidades sociales y técnicas en el uso y diseño de los materiales utilizados en la construcción de viviendas de interés social para el Territorio Indígena Cabagra, Buenos Aires, Puntarenas”, por permitirme realizar mi Trabajo Final y brindarme el apoyo económico durante este proceso.

A mi profesor tutor Diego Camacho Cornejo, por la paciencia y dedicación que me brindo en este proceso y por siempre estar anuente a mis consultas.

Un agradecimiento especial a Don Elmer, Don Víctor, Juan y a todo el personal del aserradero Maderas S&Q por permitirme realizar mi trabajo final en su industria y además brindarme hospedaje, alimentación y apoyo en lo que necesité, además por permitirme desarrollar mi trabajo final en su aserradero y por el conocimiento que adquirí gracias a todos.

Agradezco a muchos de los profesores de la Escuela de Ingeniería Forestal por hacerme sentir parte de una gran familia y siempre extenderme la mano cuando más la necesite.

Finalmente, quiero agradecer a mis compas Jair, Priscilla y Tefy quienes de compañeros pasaron a ser como mis hermanos, gracias por estar en los momentos buenos y malos y por compartir tantos buenos momentos juntos, mis colegas de corazón les agradezco y espero nuestros caminos siempre se encuentren.

ÍNDICE GENERAL

1. Introducción.....	1
2. Objetivos.....	3
2.1. Objetivo general.....	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
3. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
3.1. Utilización de la madera en la construcción de viviendas.....	4
3.1.1 Historia.....	4
3.1.2 Características y propiedades de la madera.....	5
3.1.3 Uso de otros materiales alternativos a la madera en la construcción.....	6
3.1.4 Mitos en la utilización de madera como material estructural.....	8
3.1.5 Ventajas del uso de la madera.....	9
3.1.6 Proyectos en territorio indígena.....	10
3.2. La madera en la construcción de viviendas de interés social.....	10
3.2.1 Proyectos residenciales en Costa Rica.....	10
3.2.2 Proyectos en territorio indígena.....	11
3.2.3 Introducción de nuevos materiales para construcción.....	11
3.2.4 Habitabilidad.....	12
3.2.5 Normalización de la madera para la construcción.....	12

3.3. Territorio Indígena Cabagra.....	13
3.3.1 Generalidades.....	13
3.3.2 Características y tradiciones	14
4. Materiales y métodos	16
4.1. Descripción del área de estudio	16
4.2. Selección de las piezas para la evaluación.....	17
4.3. Recolección de datos	18
4.3.1 Parámetros mínimos según Normas INTECO para calidad visual de la madera aserrada	18
4.3.2 Valores mínimos de penetración y retención para el apoyo de las normas INTECO	20
4.3.3 Diseño de un catálogo estandarizado de piezas de madera	25
4.4. Análisis de datos	26
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
5.1. Parámetros mínimos según Normas INTECO para calidad de la madera aserrada.....	27
5.1.1 Contenido de humedad (CH %).....	27
5.1.2 Dimensiones.....	30
5.1.3 Defectos	33
5.2. Valores mínimos de penetración y retención para el apoyo de las normas INTECO ...	42
5.3. Catálogo	47

6. CONCLUSIONES.....	48
7. RECOMENDACIONES.....	50
8. REFERENCIAS.....	53
9. ANEXOS	59

ÍDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la Industria forestal primaria Maderas S&Q.	17
Figura 2. Posiciones para la medición del contenido de humedad y las dimensiones en las piezas de madera aserrada, según Norma INTE C99:2014. (L: largo, A: ancho, E: espesor, CH: contenido de humedad).	19
Figura 3. Proceso de inmersión de las piezas de <i>G. arborea</i> , en el aserradero Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica. (a, b, c, d, e, f: preparación de las canoas, g, h, i: inmersión de las piezas de madera en las canoas)	21
Figura 4. Preparación del sitio para difusión de la madera y tapado de pilas de madera para inicio del proceso de difusión, en el aserradero Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica. ..	24
Figura 5. Extracción de madera del proceso de difusión, procesos de manufactura, prueba de penetración y obtención de muestras para retención en el aserradero Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica.	24
Figura 6. Secado de las piezas de madera de <i>G. arborea</i> en el aserradero Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica.	25
Figura 7. Porcentaje de piezas por clase para las variables de espesor, ancho y largo en los paneles para pared según norma INTE C99:2014, evaluadas en el aserradero Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica.	31
Figura 8. Porcentaje de piezas por clase para las variables de espesor, ancho y largo en los paneles para piso según norma INTE C99:2014, evaluadas en el aserradero Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica.	32
Figura 9. Porcentaje de piezas por clase para las variables de espesor, ancho y largo en las piezas de uso estructural según norma INTE C99:2014, evaluadas en el aserradero Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica.	33

Figura 10. Distribución porcentual de defectos en paneles para pared de <i>G. arborea</i> en el aserradero Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica.	34
Figura 11. Porcentaje por Clase de tolerancia, según defectos para paneles para pared de <i>G. arborea</i> en el aserradero Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica.	35
Figura 12. Defectos encontrados en los paneles para pared evaluados en el aserradero Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica. (a: nudo muerto, b: marca de sierra, c: rajadura, d: pique de montaña)	36
Figura 13. Distribución porcentual de defectos en paneles para piso de <i>G. arborea</i> en el aserradero Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica.	37
Figura 14. Porcentaje por Clase de tolerancia, según defectos para paneles para piso de <i>G. arborea</i> en el aserradero Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica.	38
Figura 15. Defectos encontrados en los paneles para piso evaluados en el aserradero Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica. (a: médula, b: arista faltante, c y d: marca de sierra, e: nudo muerto, f: pique de montaña)	38
Figura 16. Distribución porcentual de defectos en piezas para uso estructural de <i>G. arborea</i> en el aserradero Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica.	39
Figura 17. Porcentaje por Clase de tolerancia, según defectos para piezas de uso estructural de <i>G. arborea</i> en el aserradero Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica.	40
Figura 18. Defectos encontrados en las piezas para uso estructural evaluadas en el aserradero Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica. (a, b y c: médula, d y e: arista faltante, f y g: nudo muerto, h: pudrición)	41
Figura 19. Coloración tomada por las piezas de madera de <i>G. arborea</i> al aplicar el reactivo para la determinación del porcentaje de penetración del preservante, en el aserradero Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica.	43

Figura 20. Penetración de albura según clasificación para las piezas evaluadas en el en el aserradero Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica. 44

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Contenido de humedad promedio para paneles de paredes y piso de <i>G. arborea</i> evaluados posteriormente al tratamiento de Inmersión-difusión en el aserradero Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica.	28
Cuadro 2. Contenido de humedad promedio en piezas para uso estructural posteriormente al tratamiento de Inmersión-difusión en el aserradero Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica.	29
Cuadro 3. Contenido de humedad promedio obtenido en la segunda evaluación de las piezas de madera de <i>G. arborea</i> en el aserradero Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica.	30
Cuadro 4. Resultados de análisis químico para la retención de boro en madera de <i>G. arborea</i> del aserradero Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica.	45
Cuadro 5. Costos del tratamiento de inmersión-difusión para la madera de <i>G. arborea</i> de una vivienda de 46 m ² , Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica.	46
Cuadro 6. Costos de evaluación de la madera para una vivienda de 46 m ² , Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica.	47

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Formulario de campo para la evaluación de contenido de humedad, dimensiones (espesor, ancho y largo) y defectos en las piezas de madera de <i>G. arborea</i> en el aserradero Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica.	59
Anexo 2. Clasificación de la madera según la humedad	59
Anexo 3. Clasificación por tolerancias en las dimensiones a lo largo de la misma pieza para madera cepillada verde y seca.	60
Anexo 4. Ácido bórico utilizado para preservar la madera.	60
Anexo 5. Producto aplicado a la mezcla en las canoas para la preservación de la madera.	60
Anexo 6. Resultados de pruebas de retención obtenidas en el laboratorio LAMDDA.	61
Anexo 7. Catálogo	61

1. INTRODUCCIÓN

La madera ha sido utilizada desde la antigüedad por parte de los seres humanos para generar calor, energía, elaborar herramientas y para la construcción; debido a la facilidad para trabajarla y la calidez que brinda como material (FSC, 2018). El uso de la madera para la construcción y diseño de edificaciones es muy común en distintos lugares del mundo, debido a sus cualidades y características naturales (Silva, 2017).

En el pasado, las culturas indígenas han aprovechado la madera del bosque como materia prima para sus edificaciones, basando su modelo constructivo en este material, manteniendo el interés de mostrar respeto por el ambiente, realizando un uso sustentable de los recursos naturales (Camacho y Salas, 2015), el conocimiento (empírico) y la experiencia con la que cuentan las culturas indígenas respecto al uso de la madera, les ha permitido a lo largo del tiempo el levantamiento de palenques, chozas o casas. Esto con un acceso limitado a las tecnologías para procesar el material, lo cual hace que los métodos sean efectuados de manera artesanal (Camacho y Salas, 2015).

Según el Censo del 2011 del Instituto Nacional de Estadística y Censos (2013), cerca de un 28% de la población indígena vive en hacinamiento, el 30% vive en condiciones de vivienda infrahumanas y tan solo un 10% de esta población ha adoptado la idea de habitar en viviendas de concreto. Es por esta razón, que actualmente el Banco Hipotecario de la Vivienda (BANHVI) ha incorporado la madera en sus proyectos de vivienda de interés social. Sin embargo, la falta de materia prima y de conocimiento de las propiedades físico-mecánicas de las especies forestales plantadas en el país por parte de las constructoras y las entidades relacionadas a las construcciones de viviendas de interés social, han generado que muchos de los proyectos desarrollados a nivel nacional financiados por el (BANHVI), utilicen madera importada (BANHVI, 2019).

En el Territorio Indígena Cabagra, ubicado en la zona de Puntarenas, existe un conjunto de viviendas de interés social, construidas con parámetros arquitecturales que no necesariamente tomaron en cuenta las particularidades de la cultura, ni el conocimiento sobre

la madera que los habitantes del territorio poseen. Asimismo, no se contemplaron las especificaciones técnicas de la madera al momento de producir las piezas con las que se construyeron las viviendas.

Por lo tanto, es necesario impulsar el uso de la madera plantada en el país, para la utilización en la construcción, tanto en las viviendas de interés social en territorios indígenas, como en otros sectores. Para ello, se deben tomar en cuenta los aspectos culturales, la cosmovisión y las metodologías de evaluación del material y las normas INTECO. Así mismo, es esencial generar capacitación en las poblaciones indígenas, con el objetivo de que puedan seguir construyendo sus viviendas de una manera más eficiente (Camacho y Salas, 2015).

De manera paralela, se debe incentivar el uso de madera nacional en estos proyectos, pues generará una reactivación del sector forestal nacional, lo cual impulsaría el uso de la madera como un material apto y digno para la construcción. En este contexto, la reforestación tendrá como fin la comercialización de la madera nacional y asimismo la generación de valor agregado a especies plantadas en el país como el caso de la *Gmelina arborea*, a la vez se promocionará como una alternativa de abastecimiento de materia prima para la industria constructiva. Consecuentemente, es de suma importancia evaluar la madera aserrada y procesos de preservación de la madera de *G. arborea* para poder generar un catálogo de la materia prima para la construcción de viviendas de interés social en el territorio indígena Cabagra, basado en las normas INTECO.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar madera aserrada y procesos de preservación de *G. arborea* para el diseño de un catálogo de materia prima de construcción de viviendas de interés social en el Territorio Indígena Cabagra basado en las Normas INTECO.

2.2. Objetivos específicos

- a) Analizar el contenido de humedad, las dimensiones y los defectos de madera aserrada de *G. arborea* para la determinación de los parámetros mínimos según las Normas INTECO para piezas de construcción de vivienda de interés social.
- b) Analizar procesos de preservación de madera aserrada de *G. arborea* a ser utilizada en la vivienda de interés social en el territorio indígena Cabagra definiendo los valores mínimos de penetración y retención de sales Boro para apoyar las normas INTECO.
- c) Diseñar un catálogo estandarizado de piezas de madera aserrada de *G. arborea* para su utilización en la construcción de viviendas de interés social en el Territorio Indígena Cabagra.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Utilización de la madera en la construcción de viviendas

3.1.1 Historia

El ser humano comenzó la fabricación de chozas, en lugares donde el abrigo o refugio natural no lograba proporcionarle seguridad suficiente (Borrás, 2010). Probablemente uno de los primeros materiales utilizados para la construcción de chozas fueron las ramas de madera seca, las cuales se recolectaban del suelo, junto con las ramas que podía arrancar de los árboles. Con el paso del tiempo, al comenzar a utilizar la piedra para la fabricación de hachas y cuchillos afilados, logró cortar troncos cada vez más gruesos y darles una forma hasta conseguir un material de construcción más sólido (Borrás, 2010). En Costa Rica, por ejemplo, según indican Montoya, Carvajal y Salas (2009), los indígenas utilizaban la madera y en el caso del grupo aborígen Maléku eran habitaciones construidas con pesados maderos rollizos.

La madera siempre ha estado presente de forma total o parcial en la construcción de edificaciones. Por ser un material manipulado durante miles de años para suplir distintas necesidades como la construcción de viviendas (Murillo, 2017), según Chavarría (2017), en el año 1973 el 75 % de las viviendas estaban construidas con madera y además un 58% contaban con pisos de ese material. No obstante, debido a la extensión territorial, falta de controles en la tala y la expansión agropecuaria, el consumo de madera en el sector constructivo tuvo un descenso. Para el año 2011 se reportó una baja del 14% en paredes externas y un 8% en los pisos (Chavarría, 2017).

Sin embargo, los antiguos sistemas constructivos con madera han ido evolucionando a lo largo de los siglos de forma distinta, en función a las condiciones climáticas y sociales de cada zona (Confemadera, 2010). En la actualidad, entre los fundamentales usos de la madera en la construcción se destacan columnas, vigas, pisos, cielorrasos, paredes interiores, formaleta, rodapié, marcos de ventanas y puertas (Chavarría, 2017). Según la Oficina Nacional Forestal-ONF (2019), los principales usos de la madera en Costa Rica son la fabricación de tarimas 44,0%, construcción 23,6%, exportación 22,7% y la mueblería 9,6%.

Se considera la construcción como el segundo uso más significativo. Del 23,6% utilizado para la edificación, el 51,3% se convierte en reglas, madera de cuadro, alfajilla y similares, un 9,4% en madera para uso estructural (artesonado), un 8,6% a molduras y un 30,9% es destinado para formaleta.

A pesar, de los esfuerzos realizados por diferentes entidades ligadas al sector forestal, durante el paso de los años la madera ha perdido popularidad, ha sido desplazada por otros materiales sustitutos como el concreto, metal, plástico, entre otros (Santamaria y Leandro, 2014).

3.1.2 Características y propiedades de la madera

La madera es un material natural renovable, que permite la obtención de materia prima para la industria en la generación de energía y construcción, fibras para la producción de pulpa y papel, paneles, tableros y más recientemente para biocombustibles y biomateriales (Carrillo, Elissetche, Valenzuela y Teixeira, 2013). De la misma manera, tiene propiedades como bajo conductor térmico y la mayor posibilidad de incrementar el aislamiento en el resto de los sistemas constructivos. Por esta razón, se utiliza como el material número uno en países con temperaturas extremas. Esto debido a que la madera disipa las ondas acústicas, crea un ambiente silencioso y logra reducir el estrés de sus habitantes. Además, presenta una relación resistencia-peso más favorable que el acero y el hormigón (Lizán, 2016). La madera en comparación con otros materiales y sistemas de construcción posee ventajas ambientales en todas sus fases, tanto en su etapa de producción de materia prima como en la renovación y la absorción de CO₂. Al igual que en la fabricación de productos y sistemas, su gasto energético es bajo y en los procesos de construcción presenta baja toxicidad para los trabajadores. Por otro lado, en las diversas edificaciones tiene capacidad de aislante térmico. Además, si se le da un mantenimiento adecuado presenta una vida útil prolongada y al final de esa vida se podrá reutilizar, reciclar o ser compostada (FSC, 2018).

Según exponen Vignote y Martínez (2006) y FSC (2018), la madera es un material anisótropo, pues las propiedades cambian según el plano o la dirección que se considere.

Además, es higroscópico, por la capacidad que tiene el material para absorber humedad del ambiente que lo rodea, provocando variaciones en las propiedades de la madera, especialmente en el contenido de humedad. Es también heterogéneo debido a que las propiedades cambian con respecto a la especie arbórea y dentro de la misma especie con la procedencia geográfica del árbol. Y finalmente, es un material orgánico, dado que su estructura se compone de moléculas que requieren del empleo de estrategias de selección, diseño y tratamiento para asegurarse una vida útil adecuada. En los procesos constructivos, especialmente cuando se trabaja con madera como materia prima, es imprescindible conocer las propiedades de la madera y saber si el material es apto para ser empleado en las estructuras (Vargas, 2011). Las propiedades físicas determinan el comportamiento con respecto al agua (hinchazón y contracción), al calor (conductividad y dilatación térmica), a las vibraciones acústicas (conductividad, transmisión y resonancia) y al fuego (calor específico, resistencia al fuego y reacción al fuego). Por su parte, las propiedades mecánicas son las características de la madera en respuesta a las fuerzas aplicadas externamente (Vargas, 2011 y Kiuru, s.f.). Otros autores como Spavento, Keil y Monteoliva (2008) mencionan que las propiedades mecánicas de la madera son las que definen la aptitud y capacidad para resistir cargas externas. Se excluye los esfuerzos debidos a las tensiones internas producto de los cambios de humedad. Los valores de las propiedades mecánicas están dados en términos de esfuerzos (fuerza por unidad de área) y deformación (resultado del esfuerzo aplicado), los cuales son obtenidos de las pruebas de laboratorio hechas con madera limpia (sin defectos naturales que reducirían la fuerza, como los nudos, grietas, rajaduras, entre otros). Existen cuatro esfuerzos fundamentales a los que pueden estar sometidas las piezas de madera, el esfuerzo de compresión, tracción, flexión y corte o cizallamiento.

3.1.3 Uso de otros materiales alternativos a la madera en la construcción

En la actualidad, los materiales que se utilizan en los sistemas de construcción tradicional son fabricados con materias primas extraídas directamente de la naturaleza. Estas se obtienen en su mayoría de fuentes no renovables y para su provecho se pasa por una serie de

transformaciones. En ellas se emplean grandes cantidades de agua y energía, lo que a su vez genera un alto impacto ambiental negativo (Murillo, 2017).

El avance de la tecnología y la versatilidad de los materiales, especialmente en la gama de plásticos, concreto y acero, ha provocado una gran variación en pocas décadas en los sistemas constructivos. Esto generó una disminución notable del uso de la madera, quedando en el olvido casi por completo el conocimiento tradicional acerca de su utilidad, lo que ha conducido a un desprestigio del material (Fournier, 2008).

En el campo de la construcción, cuando se utiliza la madera como material estructural no se aprovechan al máximo las propiedades del material, ya que en este sector la prioridad la tienen otros materiales no renovables, de madera que ignoran que la madera es un material natural y que aporta a la construcción sostenible, lo cual genera una reducción en el impacto ambiental (Murillo, 2017). Por otro lado, Costa Rica al ser un país en desarrollo, ha sustituido de manera paulatina la madera como materia prima por el acero, el concreto y otros materiales importados. Los cuales son sustentados por importantes avances tecnológicos, amplia información técnica y un mercado muy agresivo (Murillo, 2017). La poca cooperación entre los actores del sector forestal y la falta de agresividad comercial, generan la ausencia de tecnificación en las plantaciones forestales e industria maderera. Asimismo, la tala ilegal de bosques naturales, la falta de conocimiento que manejan ingenieros y arquitectos; junto con la escasa información técnica disponible y el poco conocimiento de las técnicas de cultivo, propiedades y procesamiento de la madera autóctona, son factores que han contribuido al debilitamiento de su uso en la construcción. (Murillo, 2017). Del mismo modo, Costa Rica ha experimentado en los últimos 20 años un período de adaptación y apropiación de tecnología para el procesamiento de la madera y a su vez, el sector construcción se convierte en el gran consumidor de madera aserrada. No obstante, esto empezó a cambiar al finalizar el siglo pasado. En las últimas décadas la madera ha sufrido una acelerada sustitución por materiales principalmente a base de hierro, aluminio y concreto, lo cual trajo como consecuencia una pérdida en el mercado de madera y sobre todo ha adquirido una serie de nuevas formas de utilizarse (Serrano y Moya, 2011).

3.1.4 Mitos en la utilización de madera como material estructural

A pesar de que la madera ha sido un material ampliamente utilizado en la historia del hombre, debido a su paulatino abandono en ciertos países del mundo; por causa de la aparición de otros materiales de construcción y el desconocimiento sobre el material por parte de arquitectos e ingenieros, ha llevado a la creación de falsos mitos sobre la madera (FSC, 2018).

Al igual que otros materiales utilizados en construcción, la madera posee patologías que aparecen cuando hay fallos de diseño durante el proceso de construcción o bien de mantenimiento durante la vida útil del inmueble (FSC, 2018). Así mismo, al ser la madera un material biodegradable y susceptible al ataque de organismos vivos (xilófagos, “comedores de madera”), se debe proteger a través de algún tipo de tratamiento (Ibáñez, Mantero, Rabinovich, Cecchetto y Cerdeiras, 2012).

Con el paso del tiempo se han creado mitos con respecto a la madera, que en muchos casos se han catalogado como falsos. Por ejemplo, al construir con madera se incrementan los costos, la madera es un material de menor durabilidad, es un material sensible al fuego, se pudre fácilmente, sirve solo como material decorativo, es inseguro y es de alto mantenimiento, entre otros. Por estas razones, es fundamental conocer sobre sus principales características, pues muchos de los mitos se deben a la mala utilización y al desconocimiento y en algunos casos han sido estrategias mercadológicas para posicionar materiales sustitutos (Coto, 2015). De la misma manera, Fournier (2008), explica que son pocos los factores limitantes para el uso de la madera como material estructural y que existen cuatro mitos que alimentan el miedo en la utilización de este elemento para la construcción. Tal es el caso del desconocimiento de sus características, la predisposición a la descomposición, la inestabilidad dimensional y el comportamiento ante la acción del fuego.

Por su parte, Fournier (2008) y Parra (2018), abordan algunos de los mitos respecto al uso de la madera de la siguiente forma:

- a. Durabilidad y mantenimiento: como cualquier otro material la madera sufre degradación al exponerse a distintos factores como los vientos, radiación solar, temperatura, agua, aire, entre otros. La vida útil de una estructura en madera dependerá del uso y mantenimiento que se le dé y el sistema que tenga integrado.
- b. Agentes biológicos: al ser un material orgánico puede ser afectado por insectos, microorganismos, bacterias u hongos. Lo anterior, si el material se encuentra en las condiciones adecuadas de temperatura y humedad para su desarrollo y no cuenta con el respectivo tratamiento (Berrocal, 2007).
- c. Reacción y resistencia al fuego: la madera fina arde inmediatamente; sin embargo, la gruesa no lo hace fácilmente, ya que la superficie exterior al momento de carbonizarse protege a la interior. La madera es combustible, pero no es inflamable. Debido a su estructura celular y muy baja conductividad del calor, puede resistir al desarrollo del fuego. La posibilidad de que arda dependerá de la distancia respecto al foco de la combustión y que sea alcanzada directamente por las llamas. A diferencia de otros materiales como el hierro que por efecto del calor colapsa o bien el hormigón, que al superar los 500 °C arde.

3.1.5 Ventajas del uso de la madera

El uso de la madera para la construcción de viviendas contribuye a mitigar el cambio climático y se disminuye el efecto invernadero, ya que los árboles en su desarrollo capturan el dióxido de carbono CO₂ de la atmósfera y luego lo fijan (FSC, 2018). De igual forma Saleh (2013), señala que la madera como material de construcción, tiene grandes ventajas por ser ligero, durable y ecológico. Además, la relación con la densidad la hace estructuralmente muy resistente, medianamente dúctil (capaz de cambiar y transformar su forma por presión) y tiene la capacidad de soportar fuerzas extremas por corto tiempo, sin fallar (Rodríguez, 2013). De forma paralela, su estructura a base de tubos de fibras da al material ligereza y buen comportamiento como material aislante. Es importante recalcar que la madera es un material natural muy versátil, existen tantos tipos de madera como aplicaciones y necesidades constructivas (Coto, 2015). El material se utiliza desde la producción de bioenergía hasta materia prima para la fabricación de productos de valor

agregado (Arce y Barrantes, 2004). Conjuntamente la madera, gracias al avance de la tecnología, presenta productos técnicos para la construcción, certificados con capacidades técnicas mejoradas y con todas las ventajas que caracterizan al material (Coto, 2015).

3.1.6 Proyectos en territorio indígena

En el año 2017, se construyeron 212 casas en territorios indígenas con espacios familiares y ambientales que responden a tradiciones ancestrales. En ellas predomina el uso de madera y pilotes, lo cual permite a los indígenas costarricenses gozar de residencias frescas, libres del peligro de inundaciones y brinda la posibilidad de usar la parte baja como bodega. Estas casas fueron financiadas con el Bono Familiar de Vivienda, las cuales se suman a los proyectos con materiales prefabricados, empleados en territorios indígenas más cercanos a las ciudades principales del país (BANHVI, 2019). En los proyectos actuales la distribución y diseño de las viviendas se basó en estudios sociológicos previos, los cuales revelaron la necesidad de construirlas en madera, sobre pilotes para protegerlas de factores ambientales, con aleros grandes para proteger la familia de la lluvia y el sol, con ventilación cruzada y un área social, todo pensado en el confort de sus ocupantes (BANHVI, 2019).

3.2. La madera en la construcción de viviendas de interés social

3.2.1 Proyectos residenciales en Costa Rica

En Costa Rica, hasta principios del siglo pasado las necesidades de vivienda eran resueltas por medio del sector privado o de autoridades locales municipales. Gracias a la Constitución Política de la República del año 1949, se logra que el Estado cumpla el rol de facilitar vivienda y derecho a la misma. Por esta razón se logran desarrollar las primeras urbanizaciones de interés social (MIVAH, 2014). Durante la segunda mitad del siglo XX, la institucionalidad del sector vivienda y asentamientos humanos crece y es reforzada por el interés estatal en la materia. Además, se crean entidades con el fin de brindar vivienda asequible y ejecutar la planificación territorial del país (MIVAH, 2014). Asimismo, el BANHVI en su esfuerzo por brindar vivienda a la población más necesitada, destina recursos

para el financiamiento de proyectos de interés social en busca de garantizar una mejor calidad de vida de las familias beneficiadas (BANHVI, 2019).

En la actualidad, gracias al asesoramiento técnico de profesionales con conocimientos referentes a propiedades y características de la madera para la construcción, se han logrado establecer proyectos residenciales contruidos con dicho material, lo cual busca con esto desarrollar construcciones amigables con el ambiente (BANHVI, 2019). A la fecha, en el país se han financiado tres proyectos residenciales contruidos con madera, tal es el caso de Don Sergio, El Porvenir y Noche buena, ubicados en Horquetas de Sarapiquí, Batán y Turrialba respectivamente (BANHVI, 2019).

3.2.2 Proyectos en territorio indígena

En el año 2017, se construyeron 212 casas en territorios indígenas con espacios familiares y ambientales que responden a tradiciones ancestrales. En ellas predomina el uso de madera y pilotes, lo cual permite a los indígenas costarricenses gozar de residencias frescas, libres del peligro de inundaciones y brinda la posibilidad de usar la parte baja como bodega. Estas casas fueron financiadas con el Bono Familiar de Vivienda, las cuales se suman a los proyectos con materiales prefabricados, empleados en territorios indígenas más cercanos a las ciudades principales del país (BANHVI, 2019). En los proyectos actuales la distribución y diseño de las viviendas se basó en estudios sociológicos previos, los cuales revelaron la necesidad de construirlas en madera, sobre pilotes para protegerlas de factores ambientales, con aleros grandes para proteger la familia de la lluvia y el sol, con ventilación cruzada y un área social, todo pensado en el confort de sus ocupantes (BANHVI, 2019).

3.2.3 Introducción de nuevos materiales para construcción

Los pueblos indígenas se han visto influenciados por distintos factores que han generado cambios en su forma de vivir. Uno de ellos son sus edificaciones, debido a la inclusión de materiales como el concreto, acero y plástico, acompañados de sistemas habitacionales tradicionales, que en gran medida no contemplan las necesidades reales de vivienda de los

grupos indígenas, lo que genera poca aceptabilidad por parte de ellos (Camacho y Salas, 2015).

3.2.4 Habitabilidad

La habitabilidad es la razón de ser de la arquitectura, una infraestructura no habitable pierde su esencia, está falta de sentido, es superficial e insustancial. En ese contexto, la habitabilidad se entiende como la capacidad que tiene la arquitectura de mediar al ser humano y su entorno, su capacidad de generar un espacio protegido, amable, cómodo y, en definitiva, controlado frente al medio y sus inclemencias (Alfonzo y Morales, 2019). Se define como las condiciones en las que la familia habita una vivienda, las cuales son determinadas por características físicas del hogar y del sitio donde se encuentra, así como de las características psicosociales de la familia. Factores como el empleo, acceso a servicios públicos y vivienda, son de suma importancia para tener una buena calidad de vida, los cuales están estrechamente relacionados con el concepto de habitabilidad, siendo estos factores relevantes para tener una vivienda digna (Londoño y Chaparro, 2011).

3.2.5 Normalización de la madera para la construcción

En la actualidad el Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO), es el ente nacional de normalización, el cual fue nombrado por el Ministerio de Economía, Industria y Comercio bajo el acuerdo N° 114-MEIC-2017.

Algunas de las normas relevantes para la presente investigación son (INTE C270:2018) “Madera laminada y encolada estructural (Glulam). Requisitos”, (INTE C99:2014) “Madera aserrada para uso general”, (INTE C100:2011) "Madera estructural. Clasificación en grados estructurales para la madera aserrada mediante una evaluación visual" e (INTE C98:2018) "Terminología de maderas”.

Las normas son de gran importancia ya que brindan herramientas a la sociedad para determinar las características y la calidad de la madera, así como aumentar la seguridad del uso de la madera estructural utilizada para construcción (INTECO, s.f).

Además, otra normativa de gran importancia para la construcción de viviendas es la directriz N° 27 emitida, por el presidente de la República, la Ministra de Salud y el Ministro de Vivienda y Asentamientos Humanos (2003), denominada Especificaciones Técnicas y Lineamientos Para la Escogencia de Tipologías Arquitectónicas para la Construcción de Vivienda y Obras de Urbanización, financiadas mediante la aplicación del Sistema Financiero Nacional para la Vivienda.

3.3. Territorio Indígena Cabagra

3.3.1 Generalidades

La Ley Indígena en el artículo 1, menciona que “Son indígenas las personas que constituyen grupos étnicos descendientes directos de las civilizaciones precolombinas y que conservan su propia identidad” (Ley Indígena N° 6172, 1977). Los pueblos indígenas, originarios o ancestrales, son “los grupos descendientes de los habitantes originarios de Latinoamérica. De esta forma se ha hablado de naciones, comunidades, etnias, minorías, poblaciones o pueblos indígenas, aborígenes, originarios, nativos o autóctonos” (Cuneo, 2015). En Costa Rica existen tres áreas culturales específicas para los indígenas, las cuales cuentan con influencia triple proveniente del área de Mesoamericana, Intermedia y del Caribe. Estas son la cultural de Nicoya, la Región Central y Atlántica y la cultural del Diquís. Según el censo del INEC (2013), la población indígena supera las 104 143 personas, lo que representa un 2,42 % de la población total del país. Dicho grupo está conformado por ocho etnias divididas en influencia intermedia (Bribri, Cabecares, *Ngöbes*, Malékus, Borucas, Teribes y Huetares) e influencia mesoamericana (Chorotega), las cuales se encuentran distribuidos en 24 territorios a lo largo del país.

El territorio Indígena Cabagra es uno de los cuatro territorios Bribri de Costa Rica, el cual se encuentra ubicado en la zona sur de este país. Según una entrevista a Michael Morales Figueroa realizada por el Ministerio de Educación Pública de Costa Rica (2017), existen tres versiones del origen de los Bribri en la zona sur. La primera es que vinieron de Talamanca porque se estaba dando un conflicto entre los Teribes y los Bribri, estos últimos no querían formar parte de esa lucha, por lo que huyeron hacia las tierras donde se encuentran hoy. El

segundo relato se refiere a que algunos jóvenes empezaron a vivir juntos y la madre como el padre no estaban de acuerdo, por lo que huyeron y se asentaron donde se encuentra Salitre y Cabagra. Por último, la tercera idea trata sobre familias que deseaban adentrarse más a la montaña para crear una nueva generación, por lo que caminaron siete días por una ruta de montaña que existe actualmente, donde encontraron sitios agradables para ellos y se instalaron. Dichas versiones son creíbles ya que efectivamente existe una ruta desde Talamanca hasta los territorios de Salitre y Cabagra, la cual toma siete días para adentrarse en la montaña (MEP, 2017). El legado cultural de los Bribris es esa cosmovisión, íntimamente relacionada a la tierra, considerada como la madre. Por tanto, es el territorio de sus ancestros, algo sagrado y especial, que refleja una relación territorio-ambiente y su estilo de vida natural (MEP, 2017).

3.3.2 Características y tradiciones

Cabagra es uno de los territorios indígenas de la región Brunca con mayor extensión, aproximadamente 28 000 hectáreas. Además, está compuesto por 22 comunidades y cuenta con una población de 3188 personas (INEC, 2013; Mora, 2018). Su principal actividad productiva es la agricultura de subsistencia de maíz, arroz, frijoles y café. Algunos de los pobladores cuentan con ganado y otros salen a trabajar a PINDECO. Las fuentes de empleo al igual que otros territorios son escasas, centrándose en trabajos en las escuelas, colegios y supermercados o bien como peones de fincas tanto dentro como fuera del territorio (Mora, 2018).

Dentro de las principales características culturales se encuentra su organización clánica, que consiste en grupo de parientes relacionados por línea materna, donde la mujer tiene mucha importancia en la estructura social tradicional. En cuanto a su alimentación, consumen productos que siembran e incluyen animales de cuidado. Salvo productos como azúcar y condimentos, todo lo demás es producido internamente (Robles, 2020).

Algunas de las actividades tradicionales son moler maíz en tumba, pilar arroz y pescar en el río (Mora, 2018). Perciben la muerte como una despedida, a través de los rituales funerarios

el alma del difunto llega al lugar de donde vino; según la vida para los antepasados el nacimiento de un niño se daba fuera de la vivienda y llevaba un proceso de preparación que los médicos tradicionales realizaban con diferentes rituales.

Además, cuentan con rituales de curación, los cuales son realizados por un especialista, “el bicacra”. Sin embargo, este tipo de prácticas se han ido perdiendo (MEP, 2017).

Se especializan en la elaboración de artesanías (bolsos, cerámica, cestería y alfarería), elaboración de herramientas y utensilios de cocina, artículos para eventos especiales y artesanías elaboradas en oro especialmente con figuras de animales mitológicos (MEP, 2017).

Cuentan con los cantos que usan los Awá (médicos) que son acompañados solo con flauta y tambor, estos son comunes en los rituales, ceremonias y los cantos de la población. Los que se realizan para cantarle al sol, la luna y agradecer a Sibö (dios de los Bribris) (MEP, 2017). La lengua materna es el bribri; sin embargo, este es hablado por las comunidades que viven más alejadas; el porcentaje de hablantes es de un 54,7% (INEC, 2013; Robles, 2020).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Descripción del área de estudio

El estudio se llevó a cabo en el aserradero Maderas S&Q cedula jurídica 3 101 424653, el cual tiene una línea de producción y abastecimiento de las piezas de madera requeridas para la construcción de las viviendas de interés social en territorios indígenas de la región sur del país. La materia prima (trozas) con la que trabaja el aserradero proviene de diferentes plantaciones de *G. arborea* ubicadas en distintos sitios de la Región Brunca.

La industria forestal primaria se ubica entre las coordenadas 9°18'18,98" Latitud Norte y 83°39'30,19" Longitud Oeste, en la Región Brunca de Costa Rica, en la provincia de San José, en el cantón de Pérez Zeledón y específicamente en el distrito Daniel Flores. El área de estudio se encuentra aproximadamente a 592 msnm, presenta un rango de precipitación de entre 1500 y 2000 mm anuales, humedad relativa permanentemente alta de 81 a 91% y un rango de temperatura de 22 a 24 °C (Ortiz y Soto, 2008).

El sitio se localiza a 8,2 km del centro de Pérez Zeledón (San Isidro del General), las vías de acceso al sitio son carreteras asfaltadas, ya que el aserradero se encuentra a la orilla de la ruta nacional N°2 (Interamericana Sur), lo que permite fácil acceso desde distintas partes del país. En la Figura 1 se muestra el sitio de estudio.

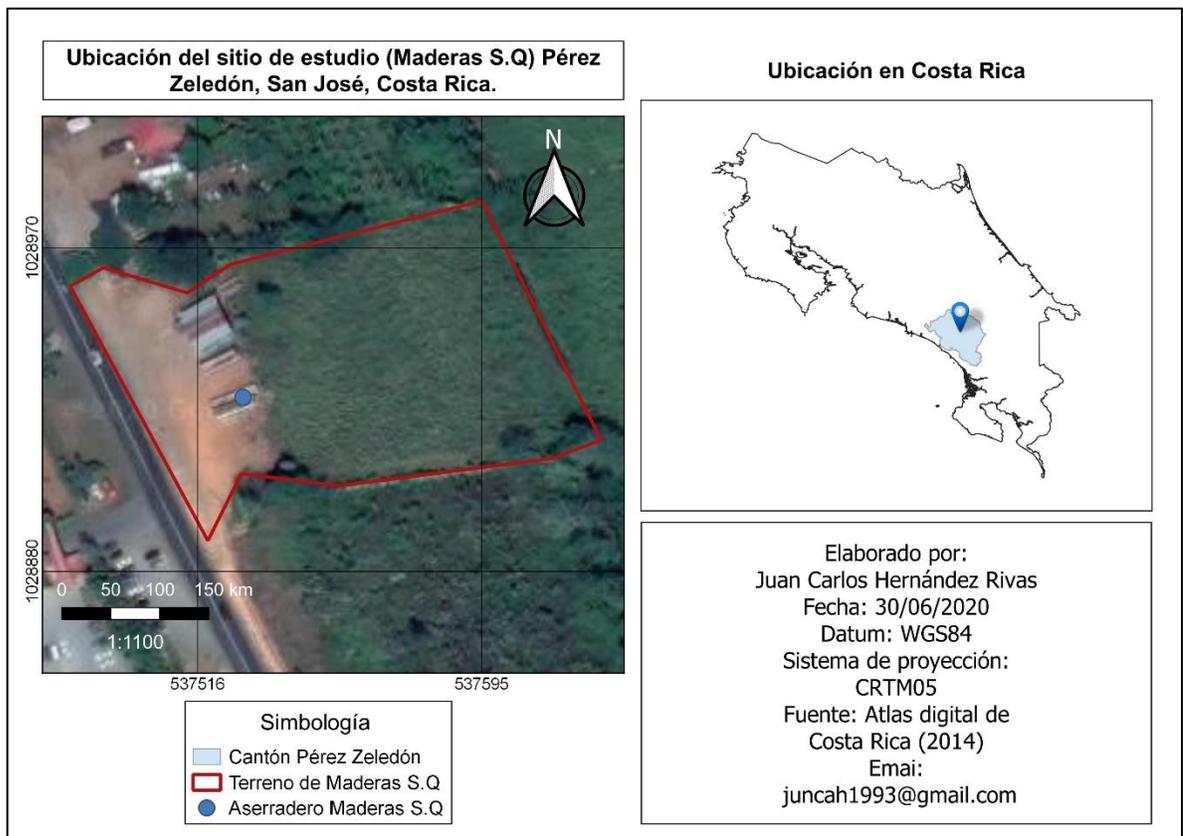


Figura 1. Ubicación de la Industria forestal primaria Maderas S&Q.

4.2. Selección de las piezas para la evaluación

Para seleccionar las piezas que serían evaluadas se utilizó como línea base, el diseño del plano constructivo de una vivienda de bien social construida con madera en años anteriores en el territorio indígena Cabagra, así como las listas de piezas brindadas por el proveedor, con el fin de conocer la cantidad de piezas utilizadas para cada uso, seguidamente se utilizó una clasificación general para los usos, la cual fue paneles para piso, paneles para paredes y piezas para uso estructural. Se realizó un conteo del total de piezas que se requerían para cada una de las clasificaciones y con base en eso se solicitó a la producción del aserradero Maderas S&Q las piezas requeridas para la respectiva evaluación. Se aplicó un censo realizando la medición de cada una de las piezas dentro de cada clasificación.

4.3. Recolección de datos

4.3.1 Parámetros mínimos según Normas INTECO para calidad visual de la madera aserrada

Para recolectar la información acerca de los parámetros mínimos que determinan la calidad de la madera aserrada, se utilizó un formulario que tomó en cuenta variables como el contenido de humedad en porcentaje, las dimensiones de espesor, ancho y largo en milímetros y la evaluación visual de los defectos presentes en las piezas de madera (Anexo 1). La propuesta metodológica con la que se trabajó se basó en la Norma INTE C99:2014 Madera aserrada para uso general y la norma INTE C98:2018 Terminología de maderas.

A continuación, se describe el procedimiento para la recolección de la información para cada una de las variables, luego de haber seleccionado las piezas.

a) Contenido de humedad (CH %)

El porcentaje de contenido de humedad (CH) se tomó con un higrómetro según lo establecido por la norma INTE C99:2014 en el anexo 1. Se realizaron seis mediciones según lo recomendado por la norma INTE C99:2014 para la especie *G. arborea*, ya que esta especie cuenta con una alta variabilidad en el CH, por lo que se aplicaron las mediciones en ambas caras tomando mediciones en los extremos a 1 cm del borde y mediciones en los centros de cada una de las caras. Por lo tanto, se les realizaron seis mediciones a las piezas clasificadas como uso estructural, en el caso de los paneles para paredes y piso se tomaron solo tres mediciones, importante mencionar que las mediciones se realizaron al concluir el tratamiento de inmersión-difusión y adicionalmente un muestreo dos meses después de iniciado el proceso de secado de la madera.

b) Dimensiones de espesor, ancho y largo (mm)

La medición de las dimensiones de espesor, ancho y largo se realizó en las mismas piezas utilizadas en el punto anterior. Las lecturas se realizaron en milímetros con una cinta métrica. Al igual que el CH estas variables se midieron luego del tratamiento de

preservado y los procesos de cepillado, dimensionado, moldurado y construcción de paneles. Para el caso de las dimensiones de ancho y espesor, se realizó una medición en tres partes distintas de cada pieza, una fue tomada a 1 cm de cada extremo de la pieza y la otra en el centro, tal y como se muestra en la Figura 2.

Para realizar la evaluación se tomó como base la norma INTE C99:2014, la cual establece tres clases para calidad e indica un grado de tolerancia para las variables de espesor, ancho y largo; estas variables se midieron en cada una de las piezas dentro de las tres clasificaciones establecidas (paneles para paredes, paneles para piso y piezas para uso estructural), las cuales fueron procesadas por el aserradero Maderas S&Q para la construcción de una vivienda prototipo de interés social, a ser utilizada en un proyecto en territorio indígena Cabagra.

A partir de los resultados obtenidos para las variables de espesor, ancho y largo en cada una de las piezas, se pudo realizar la comparación contra los rangos de tolerancia establecidos en la norma INTE C99:2014, obteniendo el porcentaje de piezas según clasificación (paneles para paredes, paneles para piso y uso estructural) que se encontraban en las clases que indica la norma INTE C99:2014 en la tabla 3 (Anexo 3).

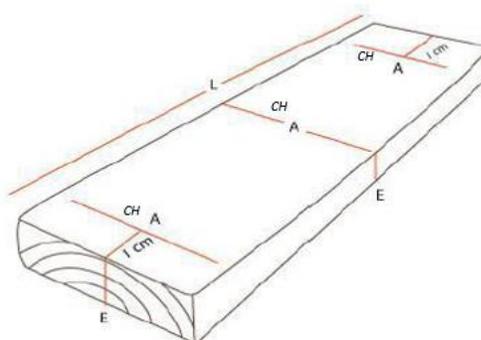


Figura 2. Posiciones para la medición del contenido de humedad y las dimensiones en las piezas de madera aserrada, según Norma INTE C99:2014. (L: largo, A: ancho, E: espesor, CH: contenido de humedad).

c) Defectos

La evaluación de los defectos en las piezas se realizó de manera visual, utilizando las mismas piezas de los puntos anteriores. Se realizó una inspección de las caras de cada pieza y se escogió la cara más defectuosa, luego se seleccionó el defecto más representativo presente en la cara más defectuosa, al cual se le realizó la medición del ancho y largo para poder calcular el área que abarcaba en la pieza evaluada, además se tomó una fotografía a cada uno de los defectos y se anotó el código en el formulario de campo para mantener un registro (Anexo 1). Para la evaluación se contemplaron todos los defectos indicados en las tablas de “Clasificación por defectos a lo largo de la misma pieza para madera verde” según la norma INTE C99:2014, esto debido a que la madera evaluada se encontraba en condición verde al momento de realizar la evaluación. De igual forma esta evaluación se llevó a cabo posterior al tratamiento de preservado y los diferentes procesos de manufactura de las piezas de madera.

4.3.2 Valores mínimos de penetración y retención para el apoyo de las normas INTECO

Para el preservado de las piezas de madera aserrada, se utilizó el tratamiento de inmersión-difusión para determinar la penetración y retención de sales de Boro. A continuación, se mencionan los procedimientos seguidos para la aplicación del tratamiento, describiendo cada uno de los procesos.

Inmersión

- a) Primeramente, se prepararon las canoas en donde se llevaría a cabo el proceso de inmersión de la madera, en las cuales se preparó la mezcla con la que se realizaría el tratamiento de las piezas de madera, esta mezcla fue preparada utilizando un producto comercial de ácido bórico (Anexo 4) cuya concentración fue de 130 g por cada litro de agua, este producto contaba con una composición química de 17,5 %PP de boro total y 82,5 %PP de materiales inertes, además se adicionó a la mezcla (Kaytar ACT 26 SL) ver Anexo 5, un producto que contribuyó a romper la tensión

superficial del agua y generó que la gota se extendiera sobre la superficie de la madera y además regulará el pH de la mezcla.

- b) Luego, se procedió a depositar la madera en las canoas con la mezcla, primeramente, ingresaron las piezas que se iban a utilizar para la construcción de los paneles para las paredes, estas piezas se mantuvieron por un periodo de tiempo de cuatro horas sumergidas en las canoas.
- c) Después de finalizar con las piezas del punto b, se procedió a ingresar en las canoas las piezas utilizadas para uso estructural, estas piezas se mantuvieron sumergidas en las canoas por un periodo de tiempo de ocho horas.
- d) Finalmente, después de terminar con las piezas del punto c, ingresaron las piezas utilizadas para la construcción de los paneles para el piso, las cuales permanecieron sumergidas en las canoas por un periodo de tiempo de seis horas.

En la siguiente figura se puede apreciar de mejor manera el proceso de inmersión de la madera detallado anteriormente.

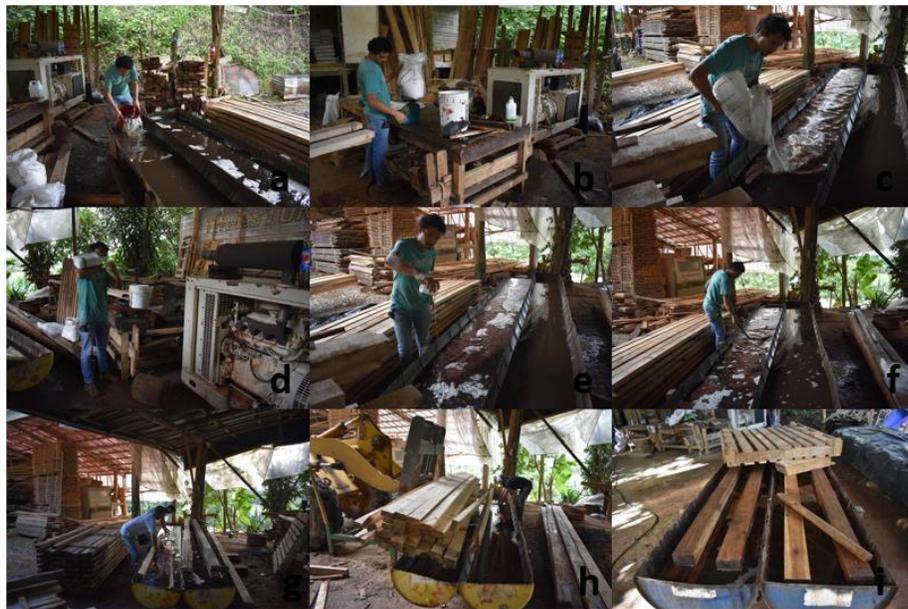


Figura 3. Proceso de inmersión de las piezas de *G. arborea*, en el aserradero Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica. (a, b, c, d, e, f: preparación de las canoas, g, h, i: inmersión de las piezas de madera en las canoas)

Difusión

- a) Inicialmente, se prepararon los sitios en donde se colocaría la madera debidamente apilada, procurando un estrato seco que permitiera separar la madera del contacto directo con el suelo.
- b) Luego, conforme la madera se retiró de las canoas al cumplir con el tiempo de inmersión, se procedió a apilarla, para luego ser recogida por el cargador y llevada a los sitios mencionados en el punto a.
- c) Cuando la madera llegaba a los sitios dispuestos para empezar el proceso de difusión se colocaban sobre el estrato seco piezas de madera distanciadas, sobre las cuales se colocaba la madera apilada, con el fin de no colocar la madera a nivel del suelo.
- d) Seguidamente, utilizando plástico transparente para invernadero se tapaban las pilas de madera, lo que se buscaba con este proceso era evitar la circulación de aire del exterior.
- e) Después de haber tapado la madera apilada, esta permanecía un periodo de tiempo determinado en el proceso de difusión del preservante, el cual dependía del espesor de las piezas, las piezas utilizadas para paneles de paredes se mantuvieron un periodo de tiempo de 12 días, las de paneles para piso 15 días y las de uso estructural 20 días.
- f) Posteriormente, cuando se terminaba el tiempo de difusión, se le retiraba el plástico a la madera apilada y esta se dirigía al respectivo proceso de manufactura para cada pieza.
- g) Al finalizar los procesos de manufactura, se procedió a realizar las pruebas de penetración del preservante en las piezas de madera, a las cuales se les realizaba un corte en los extremos para aplicar los reactivos, cabe destacar que estas pruebas se realizaron con la madera en estado verde; para el caso de las pruebas de penetración se aplicó en los extremos de las piezas cortadas primeramente una mezcla compuesta de reactivo A: 100 gramos de cúrcuma en un litro de alcohol de concentración mayor a 90 %, luego cuando los extremos se secaban se aplicaba una sustancia reveladora reactivo B, que contenía 200 mililitros de ácido clorhídrico a una concentración mayor de 30 % y 60 gramos de ácido salicílico, disueltos en 800 mililitros de alcohol

de concentración mayor a 90 %, este proceso se llevó a cabo en un grupo de piezas de madera incluyendo las tres clasificaciones (panel pared, panel piso y uso estructural) con el fin de determinar el porcentaje de penetración del preservante (cuánto boro llegó a la madera), si la madera tenía boro la albura se tornaba color rojo y lo que se buscaba era que idealmente el porcentaje coloreado fuera del 100 %. A las piezas que se les aplicó el reactivo se les realizó un corte en los extremos, y en las piezas de paneles para pared y piso se realizaba un corte en el centro de la pieza, en las de uso estructural solo se les realizó el corte en el centro a algunas de ellas ya que el costo de cada pieza es muy alto.

- h) Finalmente, para efectos de las pruebas de retención del preservante, se utilizaron las mismas piezas del punto g; para obtener las muestras se realizó la extracción de tarugos de la albura de aproximadamente 100 milímetros de longitud utilizando un taladro con una broca para madera, la extracción se realizó en las mismas zonas a las que se les aplicó el reactivo en el punto g, esto con el fin de saber que la muestra extraída era de la albura, luego se depositaban los tarugos en un recipiente y se desboronaban hasta convertirlos en polvo, después se utilizó un colador para separar las partículas gruesas de las más finas y estas últimas se depositaban en bolsas tipo Ziploc las cuales se identificaban con el nombre de la especie, número de muestra, dimensiones de las piezas, fecha y lugar de colecta y luego fueron enviadas al laboratorio Lambda para el respectivo análisis. En total se enviaron siete muestras al laboratorio y se dividieron en: tres muestras de piezas para paneles de pared, una para panel de piso y 3 para uso estructural, siempre se procuró tomar una muestra representativa de las piezas. Estas muestras brindaron información de la retención del preservante (cuanto boro hay presente en las células de la madera).

En las figuras 4 y 5 se pueden apreciar de mejor manera los procesos mencionados anteriormente.



Figura 4. Preparación del sitio para difusión de la madera y tapado de pilas de madera para inicio del proceso de difusión, en el aserradero Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica.



Figura 5. Extracción de madera del proceso de difusión, procesos de manufactura, prueba de penetración y obtención de muestras para retención en el aserradero Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica.

Después de finalizar los procesos anteriormente mencionados se procedió a iniciar el proceso de secado de las piezas de madera, para las cuales se dispuso un sitio en donde la madera pudiera secarse al aire, en la figura 6 se muestra la madera dispuesta para iniciar el proceso de secado.



Figura 6. Secado de las piezas de madera de *G. arborea* en el aserradero Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica.

4.3.3 Diseño de un catálogo estandarizado de piezas de madera

Para el diseño del catálogo estandarizado de piezas de madera, se tomaron fotografías de cada una de las piezas de cada clasificación según uso. Lo anterior, con el fin de haber generado un banco de fotografías, las cuales fueron ordenadas en carpetas según el uso. Posteriormente, se seleccionaron las mejores fotografías que fueron utilizadas en el diseño del catálogo. Para ello se utilizó Canva, el cual es un programa en línea que permite realizar diseños de catálogos en formato pdf, asimismo, se utilizó Flipsnack otro programa que permitió generar el catálogo digital y el cual permitió el acceso mediante un enlace. Ambos programas fueron flexibles al momento de trabajar con las imágenes y la descripción de las especificaciones de cada pieza. Para cada una de las piezas se construyó una ficha técnica, la cual incluyó el contenido de humedad, las dimensiones de espesor, ancho y largo y los parámetros mínimos de retención y penetración del preservante.

4.4. Análisis de datos

La información recolectada fue digitalizada en el programa Excel (versión 2012) en donde se generó una base de datos con el objetivo de realizar el análisis de los parámetros mínimos de calidad de la madera aserrada (Contenido de humedad, dimensiones de espesor, ancho y largo y defectos), así como los indicadores mínimos para preservación (penetración y retención).

En el caso de los parámetros mínimos de calidad de la madera aserrada, se realizó el cálculo de los valores promedio para las variables de contenido de humedad y dimensiones de las piezas, estos valores fueron comparados contra lo que indica la norma INTE C99:2014 y se les asignó una clasificación por clase, estos resultados fueron mostrados mediante cuadros y figuras. Además, se calculó la desviación estándar, coeficiente de variación y error estándar para cada tipo de pieza.

Para los indicadores mínimos para preservación, se utilizaron los resultados obtenidos al realizar las pruebas de penetración y los datos provenientes de los resultados del laboratorio para el caso de la retención estos fueron mostrados mediante figuras y cuadros y comparados contra valores de referencias planteados por (Moya, Leandro y Monge, 2004)

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Parámetros mínimos según Normas INTECO para calidad de la madera aserrada

5.1.1 Contenido de humedad (CH %)

En los cuadros 1 y 2 se muestran los valores promedio obtenidos para la variable de contenido de humedad según la clasificación y su respectivo error estándar. Asimismo, en el cuadro 1E se puede observar que los porcentajes de CH para las dos clasificaciones mostradas son altos con respecto a lo que indica la norma INTE C99:2014 en la tabla 2 (Anexo 2), la cual establece que el CH para madera seca debe de ser menor al 19%. Sin embargo, es importante recalcar que estas mediciones se realizaron posterior al tratamiento de preservación de la madera y el proceso de construcción de cada uno de los paneles, lo cual generó que la madera se mantuviera verde (mayor al 19% en CH) según norma INTE C99:2014. Esto se debió a una situación de tiempo que no permitió realizar la evaluación del CH posterior al proceso de secado de la madera, no obstante, se mantendrá un monitoreo de esta variable conforme pase el tiempo de secado. Además, se observa que los paneles para pared presentan porcentajes de CH más bajos con relación a los paneles de piso, lo cual se debió a que el promedio de CH de las piezas de madera utilizadas para la elaboración de los paneles para pared presentó un promedio de CH de 40,1%, esto debido a que algunas de las piezas se encontraban almacenadas y no salieron directamente del aserrío al tratamiento de preservación. En el caso de las piezas que se utilizaron para la elaboración de los paneles para el piso, estas si fueron utilizadas inmediatamente después del aserrío, es por esta razón que el CH promedio para estos paneles fue más alto.

Cuadro 1. Contenido de humedad promedio para paneles de paredes y piso de *G. arborea* evaluados posteriormente al tratamiento de Inmersión-difusión en el aserradero Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica.

Tipo de pieza	Cantidad	Dimensiones según plano (mm)			CH promedio (%)	Error estándar (±)
		Espesor	Ancho	Largo		
Panel pared	26	12	650	400	43,5	3,9
Panel pared	20	12	650	800	35,5	3,3
Panel pared	15	12	650	1200	51,8	4,8
Panel pared	60	12	650	2400	30,8	2,1
Panel piso	102	22	125	1200	80,6	1,5
Panel piso	107	22	125	2400	78,7	1,7

En el cuadro 2 se muestran los CH promedios para las piezas de uso estructural evaluadas, los valores obtenidos indican que la madera se encuentra en una condición verde de acuerdo con lo establecido por la norma INTE C99:2014. En este caso la madera utilizada provenía directamente del proceso de aserrío, ya que esto era necesario para dar inicio al proceso de preservación de la madera. Al igual que los paneles para paredes y piso se realizarán mediciones paulatinamente en las piezas de uso estructural para determinar el contenido de humedad de las piezas al final del proceso de secado.

Cuadro 2. Contenido de humedad promedio en piezas para uso estructural posteriormente al tratamiento de Inmersión-difusión en el aserradero Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica.

Tipo de pieza	Cantidad	Dimensiones según plano (mm)			CH promedio (%)	Error estándar (\pm)
		Espesor	Ancho	Largo		
Vigas	14	48	120	3360	94,0	3,1
Estructura techo	23	48	98	4200	90,3	3,2
Estructura pared	56	48	75	2355	94,2	1,9
Grada 1	3	48	300	2520	100,0	0,0
Grada 2	6	48	200	2520	100,0	0,0
Horcones terraza	4	75	75	2520	94,9	5,1
Clavador piso	28	48	75	2520	98,5	1,1
Baranda	12	48	48	2520	95,6	2,0
Corona/solera	42	48	75	3360	88,1	2,8

Como parte del proyecto de extensión al que pertenece este trabajo final de graduación se realizó un seguimiento a la madera respecto al contenido de humedad, se realizó un muestreo de las piezas evaluadas dos meses después de iniciado el proceso de secado al aire, esto con el fin de poder generar una curva de pérdida de humedad en las piezas a utilizar en la construcción de la vivienda prototipo, cabe mencionar que para generar esta curva se requirieron de más mediciones, las cuales se realizaran posteriormente por parte de asistentes del proyecto de extensión. A continuación, en el cuadro 3 se muestran los valores promedio obtenidos para el contenido de humedad de las piezas evaluadas y su respectivo error estándar. Se puede notar que en las piezas de uso estructural la disminución del contenido de humedad ha sido menor que en los paneles para paredes y piso, lo cual está relacionado directamente con las dimensiones de las piezas, ya que el proceso de secado es más rápido en piezas de menor espesor. Además, se puede observar que los paneles para pared han alcanzado en los dos meses de secado, valores menores al 19 % de contenido de humedad,

mostrando que para el caso de estos paneles el estado actual es de la madera es seca según la norma INTE C99:2014. El promedio general de CH obtenido antes y después del secado fue de 78,4 % y 54,2 % respectivamente, el cual se obtuvo a partir de todas las piezas contempladas para la construcción de la vivienda, en un lapso de tiempos de 60 días el cambio gradual de CH fue de 24,2 %.

Cuadro 3. Contenido de humedad promedio obtenido en la segunda evaluación de las piezas de madera de *G. arborea* en el aserradero Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica.

Tipo de pieza	Antes de iniciar secado			Dos meses después de iniciado el secado		
	Cantidad	CH promedio (%)	Error estándar (±)	Cantidad	CH promedio (%)	Error estándar (±)
Vigas	14	94,0	3,1	9	78,1	9,7
Estructura techo	23	90,3	3,2	23	90,3	3,2
Estructura pared	56	94,2	1,9	17	73,0	4,9
Grada 1	3	100,0	0,0	3	93,1	6,9
Grada 2	6	100,0	0,0	6	78,7	7,7
Horcones terraza	4	94,9	5,1	4	34,1	6,5
Clavador piso	28	98,5	1,1	16	74,3	5,0
Baranda	12	95,6	2,0	12	48,2	8,7
Corona/solera	42	88,1	2,8	16	76,7	6,2
Panel pared	26	43,5	3,9	10	18,9	0,5
Panel pared	20	35,5	3,3	10	16,7	0,4
Panel pared	15	51,8	4,8	8	18,4	0,9
Panel pared	60	30,8	2,1	15	22,0	0,3
Panel piso	102	80,6	1,5	34	40,5	3,1
Panel piso	107	78,7	1,7	30	50,8	3,1
Promedio General		78,4			54,2	

5.1.2 Dimensiones

En el caso de los paneles para paredes se puede observar en la figura 7, que del 100 % de las piezas evaluadas, para la variable espesor se le atribuyó la Clase 1 a un 98,3 % de las piezas y solo a un 1,7 % la Clase 2, mientras que no hubo ningún porcentaje de las piezas que fuera asignado a la Clase 3. En la variable ancho, se observa que los porcentajes fueron de 54,5 %

para Clase 1, 20,7 % para la Clase 2 y un 24, 8 % para la Clase 3 y para la variable largo se puede notar que el 99,2 % se encuentran en la Clase 1 y solo un 0,8% en la clase 2.

La diferenciación en la variable ancho se pudo haber presentado, debido a que la materia prima utilizada para construir los paneles eran piezas que comúnmente se conocen como caberías las cuales provienen directamente del aserrío de cortes que usualmente son catalogados como piezas de tercera calidad, pero que en el caso del aserradero Maderas S&Q son utilizadas para la elaboración de los paneles para pared, al tener estas piezas diferentes procesos de clasificación para pasar a ser un producto de primera calidad se genera cierto error humano por parte de los trabajadores, lo que como resultado provoca que al momento de llegar al proceso de construcción de los paneles las piezas a utilizar presenten diferenciación en esta variable.

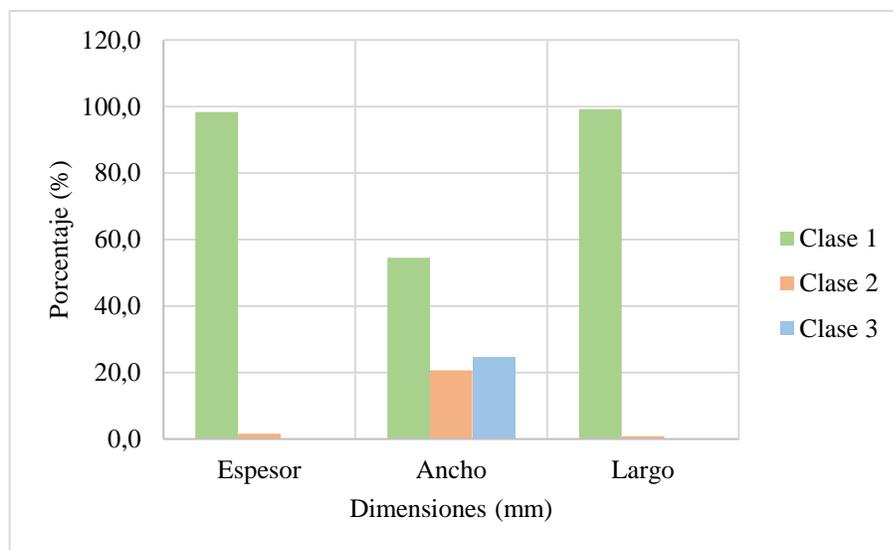


Figura 7. Porcentaje de piezas por clase para las variables de espesor, ancho y largo en los paneles para pared según norma INTE C99:2014, evaluadas en el aserradero Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica.

Para el caso de los paneles para piso se observa en la figura 8, que del total de las piezas evaluadas un 92,8 % clasificaron como Clase 1, un 5,3 % como Clase 2 y solo un 1,9% como Clase 3, mientras que para las variables de ancho y largo el 100 % de las piezas fueron

atribuidas como Clase 1. Por lo tanto, según lo que indica la norma INTE C99:2014, con respecto a los criterios de tolerancia, en el caso de los paneles para piso las variables de ancho y largo clasificaron como Clase 1, sin embargo, para la variable espesor más de un 5 % correspondió a las Clases inferiores siguientes, por lo tanto, este lote de piezas debe ser rechazado, no obstante, esto quedará a criterio del cliente que realice la compra de la madera.

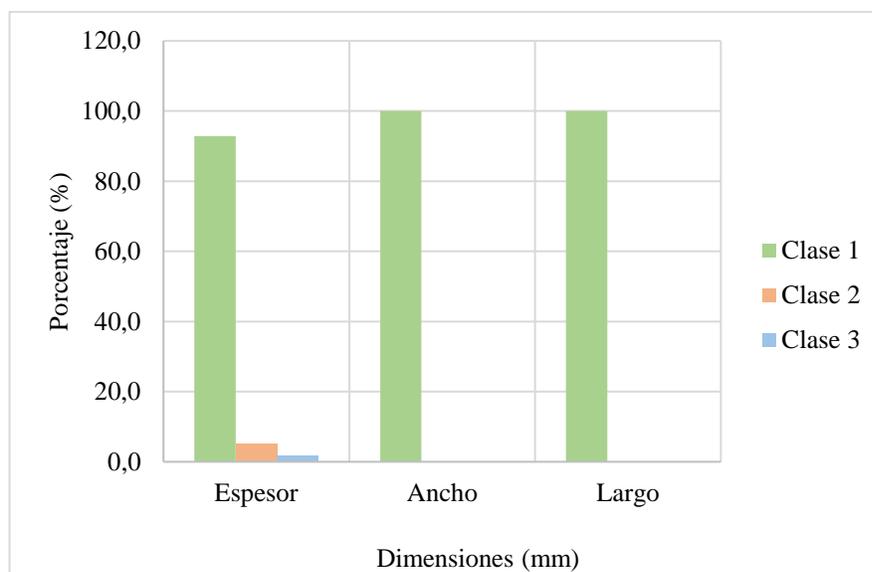


Figura 8. Porcentaje de piezas por clase para las variables de espesor, ancho y largo en los paneles para piso según norma INTE C99:2014, evaluadas en el aserradero Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica.

En las piezas para uso estructural se muestra en la figura 9, que para la variable espesor hubo un 73,4 % en la Clase 1, un 10,1 % en Clase 2 y 16,5 % en Clase 3, en el caso de la variable ancho un 91,0 % clasificó como Clase 1, un 2,1 % Clase 2 y un 6,9 % Clase 3, para la variable largo a un 97,9 % de las piezas se le atribuyó la Clase 1 y a un 2,1 % Clase 3 mientras que para esta variable ninguna de las piezas clasificó como Clase 2. Para las piezas de uso estructural solo en la variable largo hay menos de un 5 % que se les atribuyó la Clase inferior siguiente (Clase 3), por lo que en este caso tomando en cuenta solo esta variable el lote de piezas se acepta, sin embargo, las variables de espesor y ancho presentaron más de 5 % de

las piezas en la Clase inferior siguiente y según la norma INTE C99:2014 este lote se debe rechazar de acuerdo con los criterios de aceptación.

Posiblemente estas diferencias en las dimensiones estén relacionadas al error humano que se genera al momento de realizar los procesos de aserrío, cepillado, moldurado y despuntado de las piezas, ya que para realizar estos procesos se deben calibrar algunas de las maquinas utilizadas y dependiendo del operador pueden presentarse variaciones en las calibraciones y por tanto en las medidas finales, otro factor puede ser el afilado de las cuchillas de cada una de las maquinas ya que esto puede afectar al momento de realizar los procesos mencionados anteriormente.

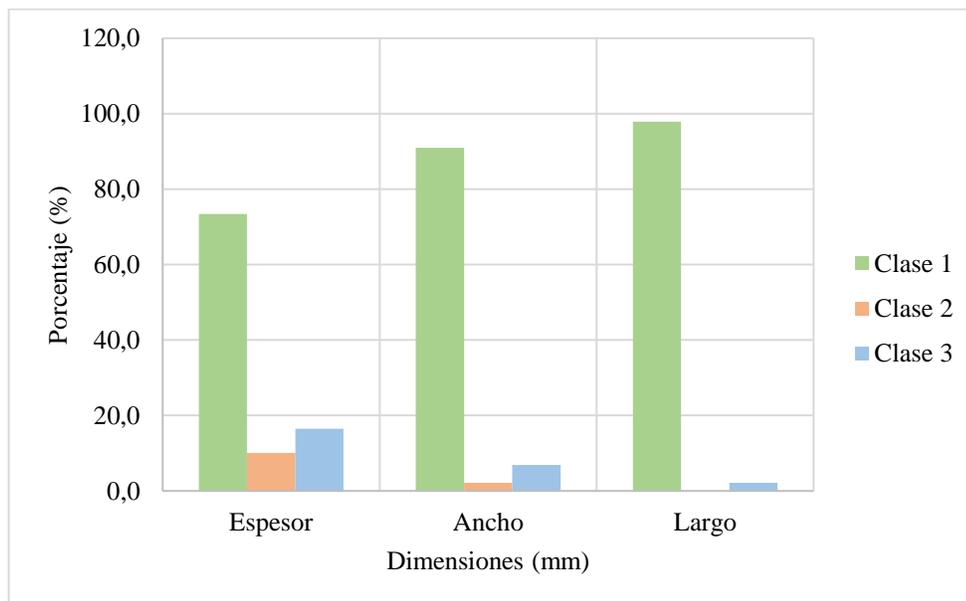


Figura 9. Porcentaje de piezas por clase para las variables de espesor, ancho y largo en las piezas de uso estructural según norma INTE C99:2014, evaluadas en el aserradero Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica.

5.1.3 Defectos

Al realizar la clasificación visual para las piezas de madera evaluadas en el aserradero Maderas S&Q, se contemplaron los defectos mostrados en la tabla 4 (Clasificación por defectos a lo largo de la misma pieza para madera verde de la norma INTE C99:2014 Madera

aserrada para uso general. Se utilizó esta clasificación debido a que las evaluaciones se realizaron con las piezas en condición verde ($CH (\%) > 19 \%$).

Se obtuvieron resultados para las tres clasificaciones (paneles para pared, paneles para piso y uso estructural), En la figura 10 se puede observar el porcentaje de piezas según el tipo de defecto encontrado en la evaluación realizada en los paneles para pared, donde se muestra que del porcentaje total de paneles evaluados un 92,6 % no presentaron defectos y el 7,4 % restante presentaron defectos como marca de sierra, pique de montaña, rajadura y nudo muerto, sin embargo, estos defectos aparecieron en muy baja proporción ya que solo 4,1 % de los paneles presentaron pique de montaña, 1,7 % marca de sierra, 0,8 % rajadura y 0,8 % nudo muerto.

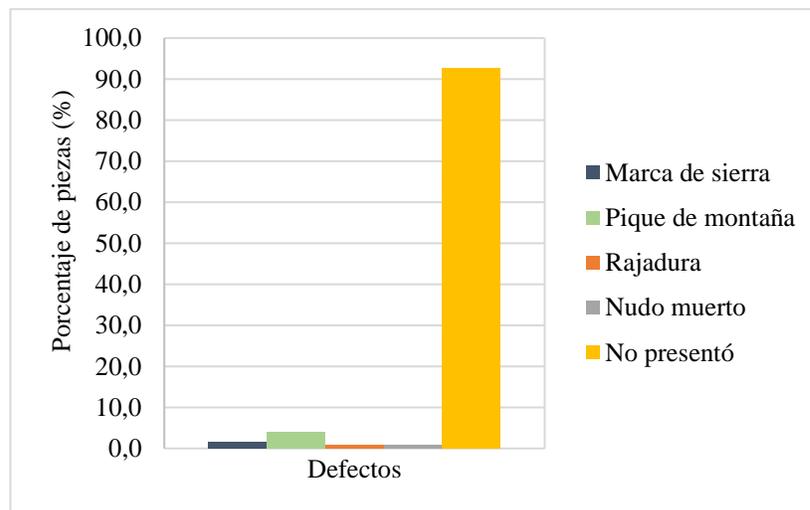


Figura 10. Distribución porcentual de defectos en paneles para pared de *G. arborea* en el aserradero Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica.

Al realizar la clasificación de los paneles para pared por Clases de tolerancia, basándose en la tabla 4 de la norma INTE C99:2014, se obtuvo que del total de los paneles evaluados un 98,3 % clasificaron como Clase 1 y solo un 1,7 % como Clase 2 como se muestra en la figura 11. Por ende, basado en lo que estipula la norma INTE C99:2014 respecto a los criterios de aceptación y rechazo de lotes comerciales, este lote de paneles para piso se acepta ya que menos del 5 % del lote se encuentra en una Clase inferior siguiente. Es importante

mencionar, que de los defectos encontrados en los paneles para pared solo el nudo muerto y la rajadura se encuentran estipulados en la tabla 4 de la norma, por lo que los defectos como pique de montaña y marca se sierra para esta evaluación no representaron ninguna afectación y por ende fueron clasificados como Clase 1, así mismo la incidencia de estos no representó un daño en las piezas ya que el área que abarcaba el defecto respecto al área del panel era insignificante, representando estas áreas un valor promedio de 0,002 %.

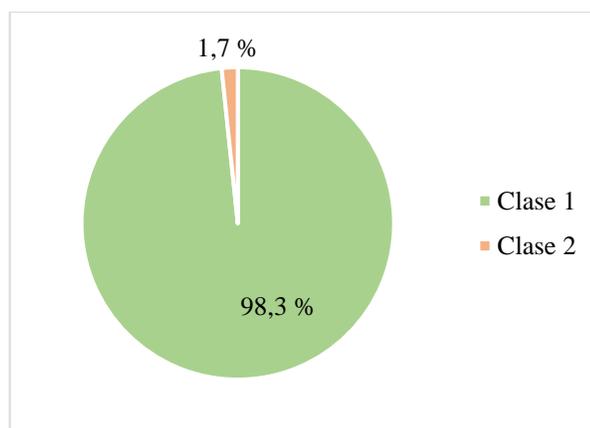


Figura 11. Porcentaje por Clase de tolerancia, según defectos para paneles para pared de *G. arborea* en el aserradero Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica.

En la figura 12 se pueden observar los defectos encontrados en la evaluación de los paneles para pared.



Figura 12. Defectos encontrados en los paneles para pared evaluados en el aserradero Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica. (a: nudo muerto, b: marca de sierra, c: rajadura, d: pique de montaña)

Del porcentaje total de paneles de piso evaluados, se puede observar en la figura 13 que un 90,4 % no presentaron defectos y el 9,6 restante presentaron defectos como arista faltante, marca de sierra, médula, pique de montaña y nudo muerto, en este caso el defecto que más se presentó fue la marca de sierra, ya que se encontró en el 6,2 % de los paneles evaluados, para los otros paneles que presentaron defectos la distribución se dio de la siguiente forma; 1,4 % presentaron pique de montaña, 1,0 % arista faltante, 0,5 % médula y 0,5 % nudo muerto.

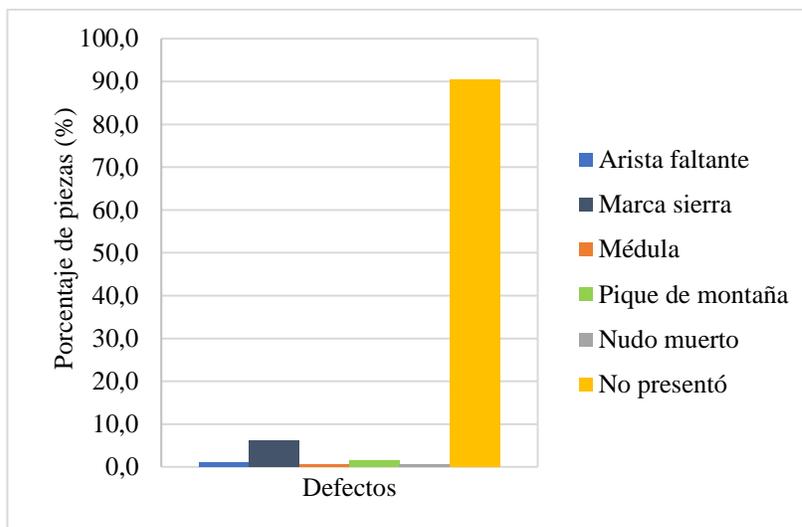


Figura 13. Distribución porcentual de defectos en paneles para piso de *G. arborea* en el aserradero Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica.

En la figura 14, se muestran los resultados de la clasificación por tolerancia según la norma INTE C99:2014 para los paneles para piso, en donde se aprecia que un 98,6 % de los paneles evaluados fueron categorizados como Clase 1 y tan solo un 1,4 % como Clase 2. Por lo tanto, al haber menos del 5 % de los paneles en una Clase inferior siguiente se puede aceptar el lote de madera sin ningún inconveniente. Además, de los defectos encontrados en estos paneles, algunos como pique de montaña, médula y marca de sierra no se encontraban en la tabla 4 de la norma INTE C99:2014, y la incidencia que representaban estos defectos respecto al área total del panel era insignificante, ya que en promedio el porcentaje que abarcaban estos defectos en las piezas era de 0,7 %, es por esta razón que los paneles que presentaron este tipo de defectos fueron clasificados como Clase 1.

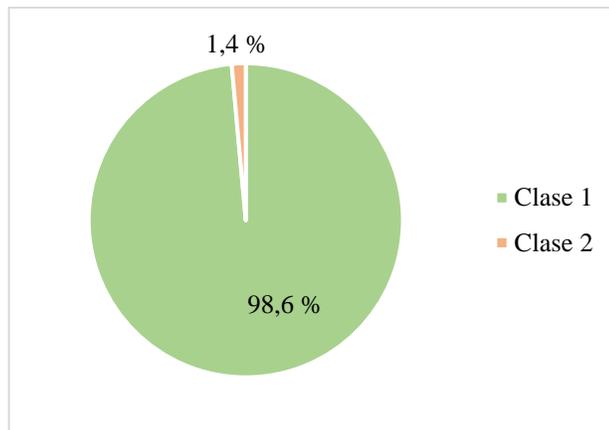


Figura 14. Porcentaje por Clase de tolerancia, según defectos para paneles para piso de *G. arborea* en el aserradero Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica.

En la figura 15 se pueden observar los defectos encontrados en la evaluación de los paneles para piso.



Figura 15. Defectos encontrados en los paneles para piso evaluados en el aserradero Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica. (a: médula, b: arista faltante, c y d: marca de sierra, e: nudo muerto, f: pique de montaña)

Para las piezas de uso estructural se observa que, 45,7 % de las piezas no presentaron defectos, mientras que el 54,3 % restante presentó defectos como; arista faltante, médula, nudo muerto y pudrición, distribuyéndose de la siguiente manera; 33 % de las piezas presentaron médula, 14,9 % nudo muerto, 5,3 % arista faltante y 1,1 % pudrición. Además, para este tipo de piezas se nota que los defectos más comunes fueron la presencia de medula y nudos muertos lo cual concuerda con lo planteado por (González, Moya y Monge, 2004), quienes indican que en la madera de *G. arborea* es muy común encontrar este tipo de defectos. Lo anterior se puede apreciar de mejor manera en la figura 16.

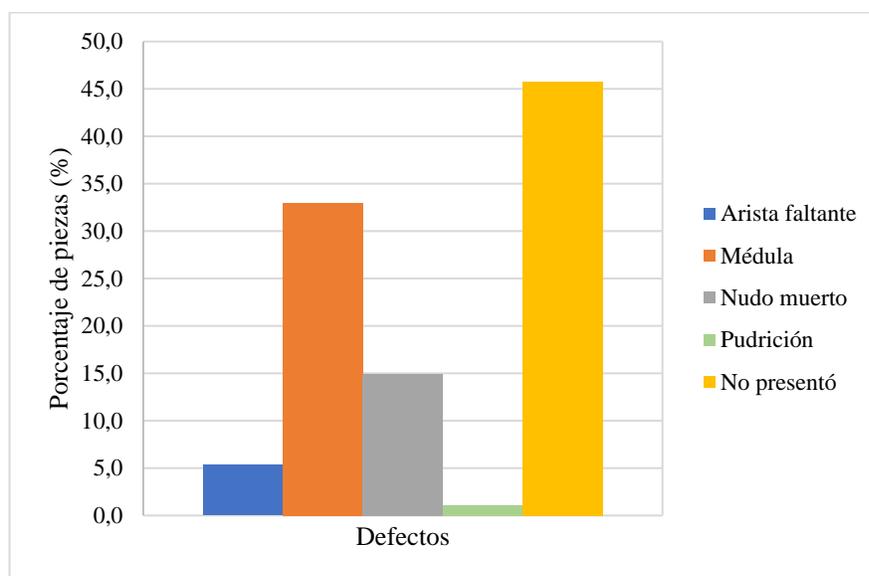


Figura 16. Distribución porcentual de defectos en piezas para uso estructural de *G. arborea* en el aserradero Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica.

Sin embargo, al realizar la clasificación por clases para cada una de las piezas de uso estructural se obtuvo como resultado que del total de las piezas evaluadas un 78,7 % clasificaron como Clase 1, un 20,2 % como Clase 2 y tan solo un 1,1 % como Clase 3, tal y como se muestra en la figura 17, lo cual muestra que para esta clasificación (uso estructural) más del 5 % de las piezas fueron clasificadas en una Clase inferior siguiente, provocando el rechazo de estas piezas basado en los criterios de aceptación y rechazo de lotes de madera de la norma INTE C99:2014, la cual permite que un 5% o menos del lote se encuentre en

una clase inferior siguiente. No obstante, el área de incidencia de los defectos encontrados en este tipo de piezas no representa un daño grave, ya que el área de los defectos con relación al área total de las piezas es insignificante dando como valor promedio un 0,6 %. Por lo tanto, a pesar de que no se cumpla con la tolerancia según la norma, se puede aceptar el lote de este tipo de piezas.

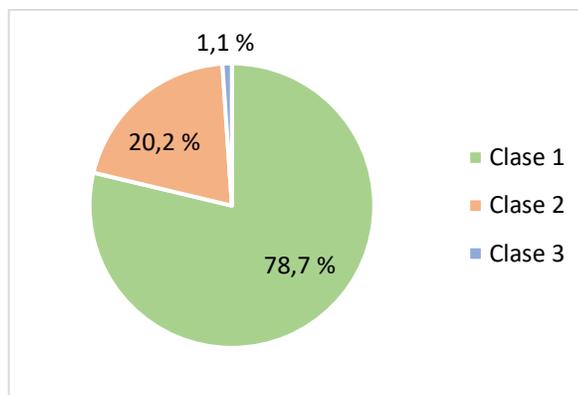


Figura 17. Porcentaje por Clase de tolerancia, según defectos para piezas de uso estructural de *G. arborea* en el aserradero Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica.

La figura 18 muestra los defectos encontrados en la evaluación de las piezas para uso estructural.

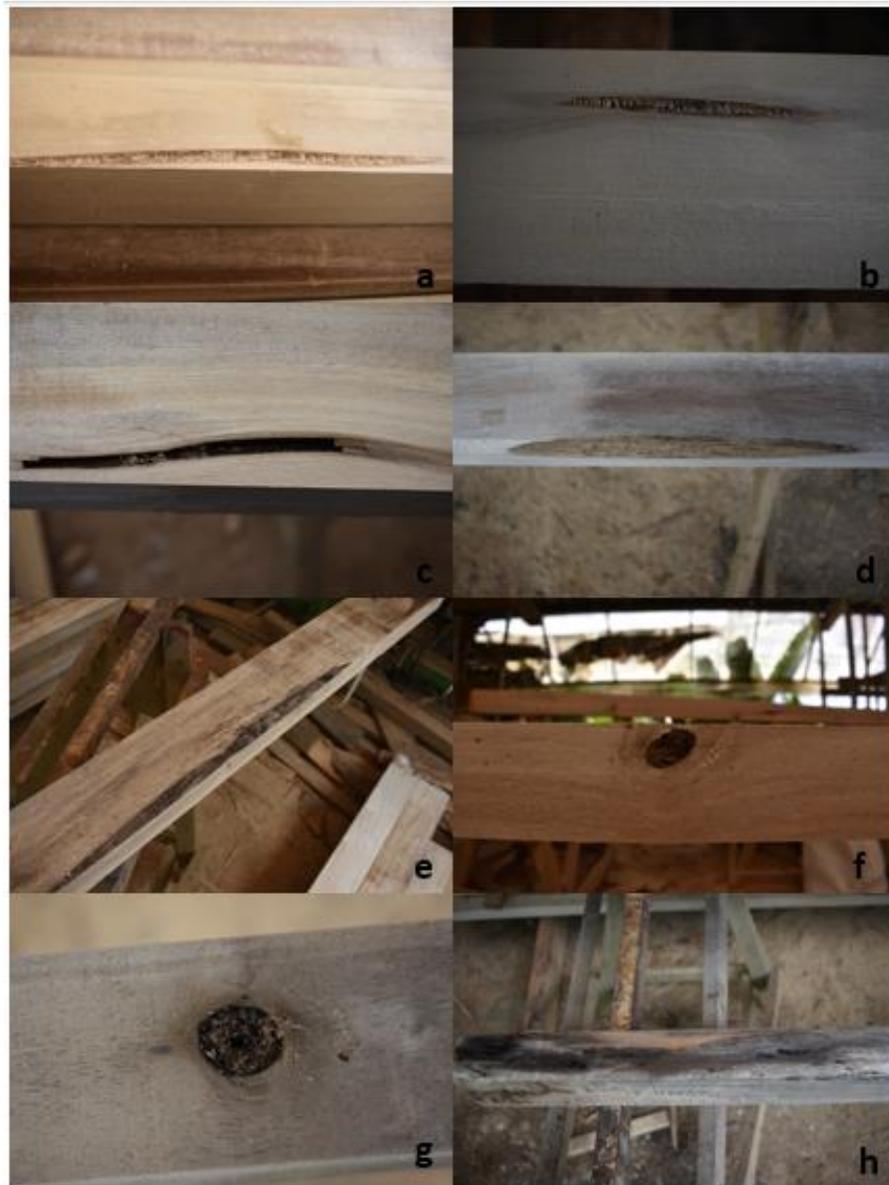


Figura 18. Defectos encontrados en las piezas para uso estructural evaluadas en el aserradero Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica. (a, b y c: médula, d y e: arista faltante, f y g: nudo muerto, h: pudrición)

5.2. Valores mínimos de penetración y retención para el apoyo de las normas INTECO

Para realizar la evaluación del tratamiento inmersión-difusión utilizado en la madera de *G. arborea*, procesada por el aserradero Maderas S&Q para la construcción de viviendas en territorio indígena Cabagra, se utilizaron dos pruebas; la prueba de penetración aplicada en campo utilizando un reactivo (Cúrcuma: componente A y B) para determinar el porcentaje de penetración del preservante en la albura, y las pruebas de retención realizadas en el laboratorio Lambda.

La evaluación de la penetración se realizó de manera visual determinando cual fue aproximadamente el porcentaje que se tornó color rojo en el área donde se aplicaron los reactivos, es complicado determinar con exactitud cuanto es el porcentaje real que hubo de penetración del preservante, sin embargo, cuando se trata de evaluar en campo de manera práctica, esta alternativa puede resultar eficiente, ya que no se cuenta con equipos de laboratorio y se trabaja con piezas completas y no muestras.

En la figura 19 se muestra la coloración que tomaron las piezas al momento de realizar la aplicación de los reactivos en la madera para la determinación de la penetración del preservante en la madera.



Figura 19. Coloración tomada por las piezas de madera de *G. arborea* al aplicar el reactivo para la determinación del porcentaje de penetración del preservante, en el aserradero Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica.

En la figura 20, se muestran los porcentajes de penetración del preservante en la madera según la clasificación general de las piezas (panel para pared, panel para piso y uso estructural), para el caso de los paneles para paredes se observa que el porcentaje promedio de penetración para estas piezas fue de 97,5 %, teniendo estas piezas el valor más alto, lo cual puede deberse a que las piezas utilizadas para la construcción de los paneles son de dimensiones más pequeñas permitiendo una mayor penetración en la madera. Así mismo, se puede notar que las piezas para paneles de piso tuvieron un valor promedio de penetración de 95,0 %, valor que puede estar relacionado directamente con las dimensiones al igual que los paneles para pared. En el caso de las piezas para uso estructural el valor promedio de penetración obtenido fue de 91,4 % siendo este valor un poco más bajo que los anteriores,

esto se pudo deber a que las dimensiones de estas piezas eran más grandes, por lo que quizás la penetración fue un poco más lenta en este tipo de piezas.

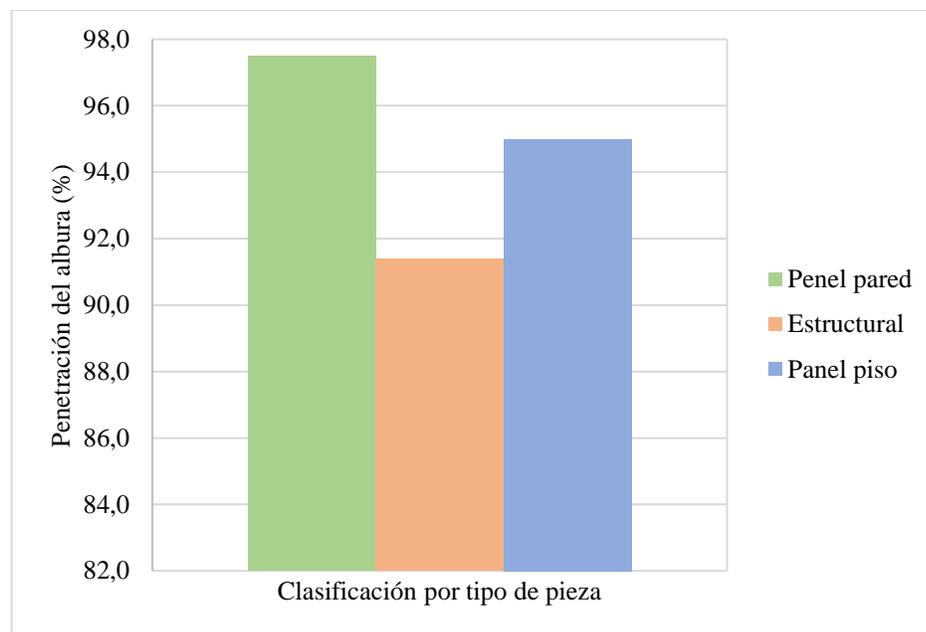


Figura 20. Penetración de albura según clasificación para las piezas evaluadas en el en el aserradero Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica.

A partir de las muestras generadas y enviadas al laboratorio se obtuvieron resultados referentes a la retención del preservante en las piezas de *G. arborea*, para las tres clasificaciones (paneles para pared, paneles para piso y uso estructural), estos resultados se muestran en el cuadro 4, así como su respectiva desviación estándar. Los resultados de las pruebas del laboratorio se muestran en el Anexo 6.

A nivel nacional son pocas las investigaciones que se han realizado de este tratamiento, por lo que se cuenta con poca información que brinde criterios para la toma de decisiones al momento de tomar en cuenta la retención del preservante utilizado, no obstante, (Moya, Leandro y Monge, 2004) mencionan que la retención de boro está relacionada directamente con la coloración tomada en la madera por la sustancia reveladora, lo que indica que entre más intensa sea la coloración mayor retención de boro habrá y entre menos intensa la coloración menor retención habrá. Asimismo, mencionan que los rangos entre los que se

encuentran los valores óptimos para la retención van de 0,186 kg/m³ a 0,874 kg/m³ dependiendo de la intensidad de la coloración en las piezas. Para efectos de las piezas evaluadas se muestra en el cuadro 4 que los valores promedio de retención para los tres tipos de pieza, se encuentran entre el rango establecido por (Moya, Leandro y Monge, 2004), sin embargo, esos resultados reflejan que los valores de retención de los tres tipos de piezas de madera son bajos, tomando en cuenta lo que indica la FAO (1986), la cual menciona que la retención de boro igual o superior a 0,96 kg/m³ es suficiente para brindar protección eficiente a la madera para uso interior, y los valores obtenidos para las piezas evaluadas se encuentran por debajo de ese valor.

Cuadro 4. Resultados de análisis químico para la retención de boro en madera de *G. arborea* del aserradero Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica.

Tipo de pieza	Muestra	Boro kg/m³	Promedio de Boro kg/m³	Desviación estándar
Panel para pared	1	0,27	0,18	0,08
	2	0,12		
	3	0,16		
Piezas para uso estructural	1	0,16	0,30	0,12
	2	0,40		
	3	0,33		
Panel para piso	1	0,23	0,23	0,0

A continuación, en los cuadros 5 y 6 se presentan los costos aproximados para la preservación y evaluación de madera en una casa de 46 m², dichos costos fueron obtenidos para el aserradero Maderas S&Q. Los materiales y equipo que contienen un (*) fueron incluidos tomando en cuenta la vida útil y calculando la depreciación.

Cuadro 5. Costos del tratamiento de inmersión-difusión para la madera de *G. arborea* de una vivienda de 46 m², Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica.

Materiales	Cantidad	Costo unitario (¢)	Costo Total (¢)
Sacos de Ácido bórico 25 kg	8	17885,0	143080,0
Kaytar (galón)	1	12530,0	12530,0
Asistentes de campo	2	157500,0	315000,0
Plásticos de invernadero *	3	32400	32400
Canoas *	2	12000	12000
Cargador	1	100000	100000
Total		332315,0	615010,0

Adicionalmente, se calcularon los costos del tratamiento por metro cubico, Pulgada maderera tica (PMT) y el costo en dólares, los cuales dieron como resultado ¢51250, ¢111 y \$83 respectivamente.

Cuadro 6. Costos de evaluación de la madera para una vivienda de 46 m², Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica.

Materiales	Cantidad	Costo unitario (¢)	Costo Total (¢)
Equipo *			
Cinta métrica	1	220,0	220,0
Higrómetro	1	11667,0	11667,0
Cámara	1	13300,0	13300,0
		25187,0	25187,0
Reactivo A (1L)	1	15000,0	15000,0
Reactivo B (1L)	1	15000,0	15000,0
Caja bolsas tipo ziploc	1	2000,0	2000,0
Aspersores	2	3000,0	6000,0
Retención en laboratorio	7	35000,0	245000,0
Honorarios profesionales 3 días			278190,0
Viáticos 2 días			77000,0
Total			814499,0

5.3. Catálogo

A continuación se adjunta el enlace para poder acceder al [catálogo en línea](#) diseñado para las piezas de madera producidas por el aserradero Maderas S&Q, además , en el Anexo 7 se puede revisar el Catálogo de forma física.

6. CONCLUSIONES

Con respecto al contenido de humedad, los resultados obtenidos al realizar las dos evaluaciones demuestran que la madera se encuentra verde, ya que los valores promedio de CH se encontraban por encima del valor establecido por la norma INTE C99:2014 para madera seca.

Al realizar la segunda evaluación de CH sesenta días después de iniciado el proceso de secado al aire de la madera se logró una disminución del contenido de humedad promedio en la madera de un 24 %. En el caso de los paneles para pared se lograron alcanzar valores de CH menores al 19 %, por lo que según la norma INTE C99:2014 estos se encuentran en condición madera seca.

La evaluación del total de las piezas respecto a la variable espesor mostró que un 87,1 % cumplieron con los parámetros establecidos en la norma INTE C99:2014, por ende, ese porcentaje clasificó como Clase 1.

En el caso de la variable ancho al realizar la evaluación del total de las piezas se obtuvo que un 86,1 % cumplieron con lo establecido por la norma INTE C99:2014 para ser clasificadas como Clase 1.

Mientras que para la variable largo se encontró que un 99,0% del total de las piezas cumplieron con los parámetros establecido por la norma INTE C99:2014, por lo que se consideran Clase 1.

La evaluación mostró que los defectos más representativos presentes en las piezas evaluadas fueron, el pique de montaña, marca de sierra y médula, así mismo, se encontró que en los paneles para pared y piso un 95 % de las piezas cumplieron con lo establecido por la norma INTE C99:2014 por lo que se aceptan, mientras que las piezas de uso estructural no cumplieron ya que hubo un rechazo mayor al 5 % permitido por la norma.

Aprovechar al máximo la materia prima en los aserraderos es posible, solo se debe de buscar la forma de convertir la madera clasificada como desecho en un producto útil y de buena calidad y que además genere un valor agregado a la madera.

El tratamiento de inmersión-difusión aplicado brindo valores de retención de 0,12-0,40 kg/m³, los cuales son valores obtenidos en una primera evaluación y en un periodo de tiempo corto después de aplicado el tratamiento.

Obtener un catálogo con las fichas técnicas de las piezas es un aporte a la garantía de la madera de *G. arborea* para vivienda de interés social, así como un instrumento que permite a las industrias comercializar sus productos de madera que el comprador pueda acceder de manera física y digital y conocer las especificaciones del producto que desea adquirir.

7. RECOMENDACIONES

Para poder promover el uso de madera nacional en la construcción de viviendas es importante empezar desde la silvicultura de las plantaciones, por lo que se recomienda a las instituciones involucradas en el sector forestal nacional crear un manual de silvicultura en función a los productos requeridos para la construcción de viviendas.

Además, se recomienda generar capacitación técnica con proyectos de extensión que brinden a los proveedores de la madera para la construcción, conocimientos en cuanto a temas de producción en línea, control de calidad, optimización de procesos y métodos de trabajo que ayuden a generar productos de acuerdo con las normas nacionales que regulan la madera como material para la construcción, así como incorporar en las industrias proveedoras de madera para construcción un supervisor de calidad.

En cuanto al contenido de humedad se recomienda utilizar madera verde para el proceso de preservación, preferiblemente inmediatamente después del proceso de aserrío, asimismo, se recomienda que antes de ingresar la madera a las canoas con la mezcla para ser preservada, se trate de utilizar sopletes para disminuir la cantidad de aserrín en las piezas y evitar que este se acumule en las canoas.

Referente al tema del dimensionado de las piezas en la industria Maderas S&Q, se recomienda que al momento de operar las maquinas utilizadas para aplicar los procesos de cepillado, moldurado y dimensionado de la madera, se verifique que las cuchillas utilizadas se encuentren correctamente afiladas y que el calibre de las maquinas sea realizado preferiblemente por un solo operador, el cual cuente con la experiencia para dicho procedimiento.

Asimismo, se recomienda que al momento de aplicar algún proceso en las piezas de madera se realice de forma que se concluya completamente el lote de madera dispuesto y que el proceso a realizar en cada pieza y la calibración de la maquina sean los mismos para evitar que las dimensiones de las piezas cambien.

Para efectos de las piezas que provienen de las caberías, las cuales son utilizadas para la construcción de los paneles para paredes y piso, se recomienda que, al momento de realizar la selección de cuales piezas pueden o no ser utilizadas, los encargados de realizar este proceso sean máximo dos operarios, asimismo, para los demás procesos de clasificación de estas piezas.

Para los defectos en las piezas se recomienda que se trate de disminuir la cantidad de defectos que pueden provocarse producto de mal afilado de las cuchillas, malas prácticas de los operarios, descuido al momento de apilar la madera entre otros que puedan provocarse por factores antropogénicos.

Para hacer más mecanizado el proceso de preservado de la madera, se recomienda utilizar un tanque rectangular de acero inoxidable que permita ingresar al proceso de inmersión una cantidad mayor de madera y a la vez utilizar el cargador para depositar la madera, además de instalar un sistema de bombas que se encargue de mover la mezcla.

Se recomienda que para efectos de la retención se realicen otras pruebas para conocer si el tiempo influye en la impregnación del preservante y de esa forma se pueden incrementar los valores de retención en las piezas; también se sugiere a la escuela de Ingeniería Forestal aportar un método de análisis de muestras para la retención del preservante, que no implique enviarlas a un laboratorio y pueda ser aplicado en el lugar de trabajo con el fin de disminuir los costos y hacer el proceso lo más práctico y accesible posible.

Se recomienda aplicar el secado en la madera tomando como referencia lo establecido por la norma INTE C99:2014 y las características propias de la especie *G. arborea*, además, se sugiere realizar investigaciones referentes al contenido de humedad de la especie en estudio, que ayuden a determinar si es necesario llevar la madera a valores de CH menores al 19 %.

Se recomienda al Instituto de Normas técnicas de Costa Rica y las instituciones que participan en la elaboración de las normas, ajustar las metodologías de evaluación y las herramientas utilizadas de acuerdo con las condiciones que cuentan las industrias que proveen la madera para la construcción. Además, se recomienda que se genere información

a base de investigaciones acerca del tratamiento inmersión-difusión, para poder tomar decisiones contundentes referentes a la especie *G. arborea*, así como con otras de las especies que se utilizan comúnmente en el país para la construcción.

8. REFERENCIAS

- Arce, H. y Barrantes, A. (2004). La madera en Costa Rica: situación actual y perspectivas. Documento elaborado para la OND, SINAC Y EL FONAFIFO. San José, Costa Rica.
- Alfonzo, C. y Morales, M. (2019). Calidad urbana en el reasentamiento Picoazá III, cantón Portoviejo. (Análisis de caso). Universidad San Gregorio de Portoviejo, Manabí, Ecuador.
- Banco Hipotecario de la Vivienda (BANHVI). (2019). Proyectos de Vivienda. Recuperado de: <http://www.banhvi.fi.cr/proyectos/>.
- Berrocal, A. (2007). Clasificación de daños producidos por agentes de biodeterioro en la madera. *Kurú: Revista Forestal*. 4 (10), 7-8.
- Berrocal, A., Muñoz, F y González, G. (2004). Ensayo de penetrabilidad de dos preservantes a base de boro en madera de melina (*Gmelina arborea*) crecida en Costa Rica. *Kurú: Revista Forestal*. 1 (3), 1-12.
- Borrás, X. (2010). Breve historia de la madera como material de construcción. Recuperado de <https://www.interempresas.net/Madera/Articulos/44265-Breve-historia-de-la-madera-como-material-de-construccion.html>
- Camacho, D. y Salas, C. (2015). Uso de la madera Programa de Vivienda Indígena.
- Carpio, C. (2010). Modelo participativo de desarrollo de vivienda de interés social en territorio indígena Tayni-Tjai. (Tesis de licenciatura). Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Carrillo, I., Elissetche, J. P., Valenzuela, S. y Texeira, R. (2013). Formación de elementos anatómicos en maderas duras: una revisión desde una perspectiva genómica. Recuperado de: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-221X2013000100009.

- Chavarría, S. (2017). *El consumo de madera local en Costa Rica: análisis de influencias en el Sector Mueblero, Construcción e Instituciones Públicas dentro del Valle Central, para promover su uso.* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica
- Chávez, L., Hernández, C y Ruiz, C. (2010). Determinación de la calidad de la madera de construcción. *Acta Universitaria*, 20 (2), 5-13.
- Confemadera. (2010). Guía de construir con madera, conceptos básicos de la construcción con madera. Recuperado de <http://www.confemadera.es/rs/99/d112d6ad-54ec-438b-9358-4483f9e98868/dc5/filename/conceptos-basicos.pdf>
- Coto, A. (2015). *Manual de uso de la madera para la construcción.* San José, Costa Rica: Grupo Nación.
- Cuneo, M. (2015). Pluralismo jurídico y jurisdicción indígena en América Latina sistemas de coordinación. Recuperado de <http://www.juscorrientes.gov.ar/wp-content/uploads/jurisprudencia/publicaciones-juridicas/pdf/2015/PLURALISMO-JURIDICO-Y-JURISDICCION-INDIGENA-EN-AMERICA-LATINA.-SISTEMAS-DE-COORDINACION.-C%C3%BAneo.pdf?iframe=true&width=95%25&height=95%25>
- Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos (MIVAH). (2003). *Directriz 27: especificaciones Técnicas y Lineamientos para la Escogencia de Tipologías Arquitectónicas para la Construcción de Viviendas y Obras de Urbanización.* Recuperado de https://www.mivah.go.cr/Biblioteca_Politicas.shtml [Consulta 25 ene. 2021].
- Forest Stewardship Council (FSC). (2018). En Madera, otra forma de construir. El material constructivo sostenible del siglo XXI. Madrid. 248 pp.
- Fournier, R. (2008). Construcción sostenible y madera: realidades, mitos y oportunidades. *Tecnología en Marcha*. 21 (4), 92-101.

- FAO. (1986). Wood preservation manual. Mechanical wood products branch. Forest industries division. Rome, IT, FAO. Forestry Department. 152 p.
- González, G., Moya, R. y Monge, F. (2004). Defectos comunes encontrados en las piezas aserradas y cepilladas de melina (Segunda parte). *Kurú: Revista Forestal*. 1.3. p2.
- Ibáñez, C., Mantero, C., Rabinovich, M., Cecchetto, G. y Cerdeiras M. (2012). Deterioro y preservación de madera. *Revista Digital Universitaria*, 13 (5), 3-15.
- INEC. (2013). X Censo Nacional de Población y VI de Vivienda 2011. San José: Instituto Nacional de Estadística y Censo, Costa Rica.
- Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO). 2018. INTE C98:2018: Norma de terminología de maderas. San José, Costa Rica.
- Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO). 2014. INTE C99:2014: Madera aserrada para uso general. Requisitos. San José, Costa Rica. p.7-10.
- Kiuru, J. (s.f.) La madera y sus propiedades. Recuperado de http://www.gremialforestal.com/articulos/la_madera_y_sus_propiedades.pdf
- Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos (MIVAH). (2014). *Política Nacional de Vivienda y Asentamientos Humanos 2013 a 2030 y su plan de acción*. Recuperado de https://www.mivah.go.cr/Biblioteca_Policas_Politica_y_Plan_Nacional_Vivienda.shtml [Consulta 18 may. 2020].
- Ministerio de Educación Pública de Costa Rica. (MEP). (2017). Los pueblos indígenas del Valle del Diquís, Cabecares, Bribris, Bruncas y Terrabas: Minienciclopedia de los Territorios Indígenas de Costa Rica. Recuperado de https://mep.go.cr/sites/default/files/tomo_3.pdf
- Montoya-Greenheck, F., Carvajal, K., & Salas, U. (2009). Descripción de la cultura del agua en Costa Rica: Pueblo Maleku.

- Mora, G. (2018). *Informe Proyecto Regionalización UNA PROGRAMA PROMOVRIENDO EL CAPITAL SOCIAL COMUNITARIO. Consulta en territorios indígenas de la Zona Sur. I etapa.* UNA/Sede Región Brunca. Inédito.
- Murillo, R. (2017). La Madera como Sistema Constructivo para Generar Viviendas Sostenibles en Medellín (Proyecto de pregrado). Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia.
- Oficina Nacional Forestal. (2019). *Usos y aportes de la madera en Costa Rica Estadísticas 2018 & Precios 2019.* Recuperado de <https://onfcr.org/wp-content/uploads/2019/11/USOS-Y-APORTES-DE-LA-MADERA-2018.pdf>
- Ortiz, E., & Soto, C. (2008). Atlas digital de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.
- Parra, C. (2018). Estudio de viabilidad de un nuevo sistema estructural madera-acero para la construcción de edificios sismo resistentes (Tesis de maestría). Universitat Politècnica de Catalunya, Catalunya, España.
- Presidencia de la República, Ministerio de Salud y Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos. (2003). Directriz N° 27. Especificaciones Técnicas y Lineamientos Para la Escogencia de Tipologías Arquitectónicas para la Construcción de Vivienda y Obras de Urbanización, financiadas mediante la aplicación del Sistema Financiero Nacional para la Vivienda. [Consulta 26 de may. 2020].
- Robles, A. (2020). Experiencia del Proyecto Promoviendo el Liderazgo Humanista en Jóvenes de la Región Brunca. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/339399767>.
- Rodríguez, M. (2013). *Manual de madera y carpintería para la integración a la arquitectura.* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Autónoma México, México.

- Saleh, K. (2013). Construcciones de madera compuestas para cerramientos autoportantes. *Revista ARQ*, (84), 76-83.
- Serrano, R. y Moya, R. (2011). Procesamiento, uso y mercado de la madera en Costa Rica: aspectos históricos y análisis crítico. *Kuru: Revista Forestal*, 8 (21), 1-12.
- Silva, C. (2017). Estudio de maderas en acabados interiores y mobiliario para conjuntos habitacionales en Ambato (Proyecto de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Perú.
- Santamaría, J. y Leandro, L. (2014). Anexo 01. Análisis de la oferta y la demanda de madera, derivados y sustitutos en Costa Rica. Recuperado de: https://onfcr.org/media/uploads/documents/analisis_de_mercado_anexo01.pdf p83, 96, 110.
- Spavento, E., Keil, G., y Monteoliva, S. (2008). Propiedades mecánicas de la madera. Curso de Xilotecnonología. Recuperado de https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/1725/mod_resource/content/0/APUNTES_PROPIEDADES_MECANICAS_2008.pdf
- Ley indígena N° 6172. La Gaceta N° 89. (1977) Costa Rica.
- Lizán, P. (2016). *Construir En Madera*. (Tesis de doctorado). Universidad Politécnica, Valencia, España.
- Londoño, L. y Chaparro, P. (2011). Condiciones de hábitat y percepción de los estados de salud. Conceptos categoriales emergentes. *Hacia la promoción de la salud*, 16 (2), 13-31.
- Vargas, J. (2011). La madera: Clasificación y Propiedades. Recuperado de file:///C:/Users/juanc/Downloads/nanopdf.com_la-madera-clasificacion-y-propiedades.pdf

Vignote, S. & Martínez, I. (2006). *Tecnología de la madera*. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa. 678 p.

9. ANEXOS

Anexo 1. Formulario de campo para la evaluación de contenido de humedad, dimensiones (espesor, ancho y largo) y defectos en las piezas de madera de *G. arborea* en el aserradero Maderas S&Q, Pérez Zeledón, Costa Rica.

Fecha		Observaciones													
Ubicación															
Tarima															
Especie arborea															
Anotador															
Número de pieza	Tipo de Pieza	Contenido de humedad (%)						Dimensiones (mm)						Defectos	Código de fotos
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	Espesor	Ancho	Largo					

Anexo 2. Clasificación de la madera según la humedad

Tipo	Condición de Humedad
Madera verde	mayor que 19 %
Madera seca	menor del 19 %

Anexo 3. Clasificación por tolerancias en las dimensiones a lo largo de la misma pieza para madera cepillada verde y seca.

Dimensiones	Clase 1	Clase 2	Clase 3
Dimensiones en espesor o ancho menor que 50 mm	± 1 mm	± 1,5 mm	± 2 mm
Dimensiones en espesor o ancho mayor que 50 mm	± 2 mm	± 3,0 mm	± 4 mm
Longitud menor que 2,5 m	± 0,25 %	± 0,5 %	± 0,75 %
Longitud mayor que 2,5 m	± 0,5 %	± 1 %	± 1,50 %

Anexo 4. Ácido bórico utilizado para preservar la madera.



Anexo 5. Producto aplicado a la mezcla en las canoas para la preservación de la madera.



Anexo 6. Resultados de pruebas de retención obtenidas en el laboratorio LAMDDA.



INFORME DE ENSAYO

RESULTADO DE ANÁLISIS # 588.669-1

---RESULTADO DE ANÁLISIS QUÍMICO---

FECHA: 13 OCTUBRE DE 2020. **SOLICITANTE:** INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

ATENCIÓN: Sr. LUIS DIEGO CAMACHO

REFERENCIA: MUESTRAS DE MADERA, RECIBIDA POR EL LABORATORIO QUÍMICO LAMBDA EL DÍA 15 DE SEPTIEMBRE DE 2020.

MUESTRA:	BOBORU
TARIMA 1, 07/09/2020, ESPECIE: MELINA 1/2" X 2"	0,27 kg/m ³
TARIMA 2, 09/09/2020, ESPECIE: MELINA 1/2" X 2"	0,12 kg/m ³
TARIMA 3, 09/09/2020, ESPECIE: MELINA 1/2" X 2"	0,16 kg/m ³
PISO SIN FUSIÓN, 09/09/2020, ESPECIE: MELINA 1/2" X 2"	0,74 mg/m ³

OBSERVACIONES:

- MÉTODOS ANALÍTICOS: ESPECTROSCOPIA DE ABSORCIÓN ATÓMICA
- NOTA 1: CAMBIO DE UNIDAD
- DIGITADO POR: agq
- MUESTRA CÓDIGO LAMBDA: 4654-V01-V04




JOSÉ LUIS PEREZ MONTERO
N.I. C.C.R. 2925

NOTA: Referirse al código Lambda de esta muestra para cualquier consulta.
Resultados de análisis válidos únicamente para las muestras enviadas al Laboratorio por el interesado.

LABORATORIO QUÍMICO LAMBDA, S.A.
San Francisco de los Ríos San José, Costa Rica. +506 2281 1168 atencioncliente@agqlabs.com

LAMBDA R.2024
www.laboratorioquimico.com

Anexo 7. Catálogo

Catálogo
Madera Aserrada
Gmelina arborea para la
construcción de viviendas
de interés social.

TEC | Tecnológico
de Costa Rica



Proyecto Extensión CONARE-VIE-EIFO:
Mejoramiento del diseño arquitectónico, estructural
y del uso de materiales utilizados en la
construcción de viviendas de interés social para
el Territorio Indígena Cabagra, Buenos Aires,
Puntarenas.

Juan Carlos Hernández Rivas

TEC | Tecnológico
de Costa Rica





ÍNDICE



4
Presentación

6
Simbología

7
Paneles para pared

11
Paneles para piso

13
Piezas para uso estructural



PRESENTACIÓN

El presente catálogo fue diseñado con el fin de generar un aporte a la industria forestal Maderas S+Q, en relación a la producción de las piezas de madera que ofertan al sector de construcción de viviendas de interés social, por lo que se desarrolló una ficha técnica que incluye valores mínimos en temas de calidad que pueden servir de garantía al comprador de los productos, cabe destacar que se tomaron en cuenta los parámetros establecidos por la norma INTE C99:2014 Madera Aserrada para Uso General así como la terminología establecida en la norma INTE C98:2018 Terminología de Maderas. Además, se incorporaron rangos de aceptación para la retención del preservante utilizado para el curado de la madera, así como una pequeña descripción de las piezas de madera. Este es un aporte inicial, sin embargo, se pretende que por medio de recomendaciones y de la mano de los proyectos de extensión de la escuela de Ingeniería Forestal del TEC se logré aportar una mayor transferencia de conocimiento y herramientas que propicien la mejora continua en las industrias forestales.



SIMBOLOGÍA

DIM: Dimensiones en milímetros

E: espesor

A: ancho

L: largo

CH: contenido de humedad en porcentaje

TPS: tipo de secado

TDP: tratamiento de preservación

TI: tiempo de inmersión en días

TD: Tiempo de difusión en días

VP: Valores de penetración en porcentaje

VR: Valores de retención en kg/m^3

Paneles para paredes

Paneles utilizados para el forro de las paredes que se utilizan para la construcción de las viviendas. Se producen paneles de diferentes largos.



SP: *Gmelina arborea*

DIM: E: 12 mm
A: 650 mm
L: 400 mm

CH: CH < 19 %

TPS: al aire

TDP: Inmersión-difusión

TI: 4 días

TD: 12 días

VP: 90-100 % albura

VR: 0,25-1 kg/m³

Panel para forro de pared

SP: *Gmelina arborea*

E: 12 mm

DIM: A: 650 mm

L: 800 mm

CH: CH < 19 %

TPS: al aire



TDP: Inmersión-difusión

TI: 4 días

TD: 12 días

VP: 90-100 % albura

VR: 0,25-1 kg/m³

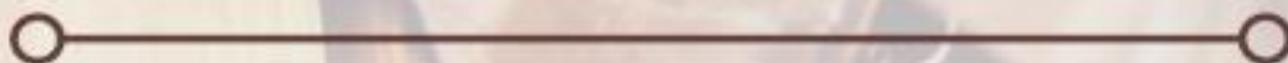
Panel para forro de pared

SP: *Gmelina arborea*

E: 12 mm
DIM: A: 650 mm
L: 1200 mm

CH: CH < 19 %

TPS: al aire



TDP: Inmersión-difusión

TI: 4 días

TD: 12 días

VP: 90-100 % albura

VR: 0,25-1 kg/m³

Panel para forro de pared

SP: *Gmelina arborea*

E: 12 mm

DIM: A: 650 mm

L: 2400 mm

CH: CH < 19 %

TPS: al aire



TDP: Inmersión-difusión

TI: 4 días

TD: 12 días

VP: 90-100 % albura

VR: 0,25-1 kg/m³

Paneles para piso

Estos paneles son utilizados para la construcción del piso, se producen dos tipos con diferente largo.

SP: *Gmelina arborea*

E: 22 mm

DIM: A: 125 mm

L: 1200 mm

CH: CH < 19 %

TPS: al aire



TDP: Inmersión-difusión

TI: 6 días

TD: 15 días

VP: 90-100 % albura

VR: 0,25-1 kg/m³

Panel para piso

SP: *Gmelina arborea*

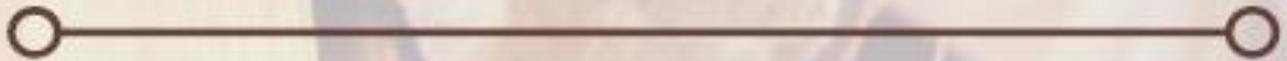
E: 22 mm

DIM: A: 125 mm

L: 2400 mm

CH: CH < 19 %

TPS: al aire



TDP: Inmersión-difusión

TI: 6 días

TD: 15 días

VP: 90-100 % albura

VR: 0,25-1 kg/m³

Piezas de uso estructural

Vigas

Esta pieza tiene una función estructural mecánica de soporte, la cual es brindar soporte al piso que se compone de los paneles para piso y los clavadores para piso.

SP: *Gmelina arborea*

TDP: Inmersión-difusión

DIM: E: 48 mm
A: 120 mm
L: 3360 mm

TI: 8 días

CH: CH < 19 %

TD: 20 días

TPS: al aire

VP: 90-100 % albura

VR: 0,25-1 kg/m³



Estructura para techo

Este tipo de piezas se utilizan para la construcción de la estructura del techo, sobre ellas se colocan las láminas de zinc por lo que son piezas de uso estructural.

SP: *Gmelina arborea*

TDP: Inmersión-difusión

DIM: E: 48 mm
A: 98 mm
L: 4200 mm

TI: 8 días

CH: CH < 19 %

TD: 20 días

TPS: al aire

VP: 90-100 % albura

VR: 0,25-1 kg/m³



Estructura para pared

Estas piezas se utilizan para realizar una función estructural, la cual es brindar el soporte a los paneles para pared.

SP: *Gmelina arborea*

TDP: Inmersión-difusión

DIM: E: 48 mm
A: 75 mm
L: 2355 mm

TI: 8 días

CH: CH < 19 %

TD: 20 días

TPS: al aire

VP: 90-100 % albura

VR: 0,25-1 kg/m³



Grada 1

Estas piezas al igual que las identificadas como Grada 2, son utilizadas para la construcción de las gradas de la terraza de la vivienda.

SP: *Gmelina arborea*

TDP: Inmersión-difusión

E: 48 mm

TI: 8 días

DIM: A: 305 mm

L: 2520 mm

TD: 20 días

CH: CH < 19 %

VP: 90-100 % albura

TPS: al aire

VR: 0,25-1 kg/m³



Grada 2

SP: *Gmelina arborea*

DIM: E: 48 mm
A: 200 mm
L: 2520 mm

CH: CH < 19 %

TPS: al aire

TDP: Inmersión-difusión

TI: 8 días

TD: 20 días

VP: 90-100 % albura

VR: 0,25-1 kg/m³



Horcones para terraza

Se utilizan para la construcción de la terraza, además sirven para dar soporte a la baranda.

SP: *Gmelina arborea*

TDP: Inmersión-difusión

DIM: E: 75 mm
A: 75 mm
L: 2520 mm

TI: 8 días

CH: CH < 19 %

TD: 20 días

TPS: al aire

VP: 90-100 % albura

VR: 0,25-1 kg/m³



Clavador para piso

Estas piezas van colocadas sobre las vigas de hormigón, y a su vez sirven para realizar el montaje de los paneles para piso.

SP: *Gmelina arborea*

TDP: Inmersión-difusión

DIM: E: 48 mm
A: 75 mm
L: 2520 mm

TI: 8 días

CH: CH < 19 %

TD: 20 días

TPS: al aire

VP: 90-100 % albura

VR: 0,25-1 kg/m³



Piezas para baranda

Se utilizan para la baranda que se construye en la vivienda, específicamente en una terraza construida en la parte frontal de la casa.

SP: *Gmelina arborea*

TDP: Inmersión-difusión

DIM: E: 48 mm
A: 48 mm
L: 2520 mm

TI: 8 días

CH: CH < 19 %

TD: 20 días

TPS: al aire

VP: 90-100 % albura

VR: 0,25-1 kg/m³



Piezas para corona-solera

Estas piezas se utilizan para dar estructura a las paredes y brindar soporte al techo, realizan la función de una viga corona.

SP: *Gmelina arborea*

TDP: Inmersión-difusión

DIM: E: 48 mm
A: 75 mm
L: 3360 mm

TI: 8 días

CH: CH < 19 %

TD: 20 días

TPS: al aire

VP: 90-100 % albura

VR: 0,25-1 kg/m³





TEC | Tecnológico de Costa Rica



TEC | Tecnológico de Costa Rica





TEC | Tecnológico de Costa Rica



TEC | Tecnológico de Costa Rica



TEC | Tecnológico de Costa Rica





Catálogo
Madera Aserrada
Gmelina arborea para
la construcción de
viviendas de interés
social.



TEC | Tecnológico
de Costa Rica





Catálogo

Madera Aserrada

Gmelina arborea para la construcción de viviendas de interés social.

TEC | Tecnológico de Costa Rica

