UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

"IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES DEFECTOS Y CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LADRILLOS DE MADERA MACIZA DE *Calophyllum brasiliense* Cambess (LAGARTO CASPI) EN PUCALLPA"

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO FORESTAL

MARCO ANTONIO COLCHADO LÓPEZ

PUCALLPA – PERÚ

2020

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 393

Siendo las 12:50 p.m. del día 06 de junio del 2019, se reunieron los miembros del Jurado Calificador en la sala de docentes de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, conformado por los siguientes docentes:

Dr. Jorge Arturo Mori Vásquez	Presidente
Dra. María Angélica Flores Romayna	Miembro
Ing. M.Sc. Tedy Tuesta Torrejón	Miembro

Para proceder a la evaluación de la tesis denominada: **"IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES DEFECTOS Y CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LADRILLOS DE MADERA MACIZA DE *Calophyllum brasiliense* Cambess (LAGARTO CASPI) EN PUCALLPA"**, presentado por el bachiller: **MARCO ANTONIO COLCHADO LÓPEZ,** asesorado por el **Dr. Manuel Iván Salvador Cárdenas.**
Finalizado la sustentación de la tesis, se procedió a la formulación de las preguntas, las cuales fueron absueltas satisfactoriamente por el Tesista. En consecuencia la tesis fue **APROBADA** por **UNANIMIDAD** con el calificativo de **BUENO,** quedando expedito para el otorgamiento del Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL.**
Siendo las 1.50 p.m. se dio por finalizado el acto académico, firmando los miembros del jurado en señal de conformidad.

Dr. Jorge Arturo Mori Vásquez
Presidente

Dra. María Angélica Flores Romayna
Miembro

Ing. M.Sc. Tedy Tuesta Torrejón
Miembro

ACTA DE APROBACIÓN

La presente tesis fue aprobada por el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito para optar el Título Profesional de Ingeniero Forestal.

Dr. Jorge Arturo Mori Vásquez

Presidente

Dra. María Angélica Flores Romayna

Miembro

Ing. M.Sc. Tedy Tuesta Torrejón

Miembro

Dr. Manuel Iván Salvador Cárdenas

Asesor

Bach. Marco Antonio Colchado López

Tesista

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
DIRECCION GENERAL DE PRODUCCION INTELECTUAL

Constancia

N° 219

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

La Dirección General de Producción Intelectual, hace constar por la presente, que el Informe Final (Tesis) titulado:

IDENTIFICACION DE PRINCIPALES DEFECTOS Y CARACTERISTICAS FÍSICAS DE LADRILLOS DE MADERA MACIZA DE *Calophyllum brasiliense Cambess* (LAGARTO CASPI) EN PUCALLPA

Cuyo autor es	:	**COLCHADO LOPEZ, MARCO ANTONIO**
Facultad	:	CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
Escuela profesional	:	INGENIERÍA FORESTAL
Asesor	:	Dr. SALVADOR CÁRDENAS, MANUEL IVÁN

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio, dicho documento presenta un porcentaje de similitud de 09 %.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que no se debe superar el 10%. Se declara, que el trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de plagio, por lo que SI se aprueba su originalidad.

En señal de conformidad y verificación se FIRMA Y SELLA la presente constancia.

Fecha: 09/07/2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
DIRECCION GENERAL DE PRODUCCION INTELECTUAL
DRA. DINA PARI QUISPE
Direc. Gral Prod Intel

REPOSITORIO DE TESIS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

Yo, Marco Antonio Colchado López
Autor de la TESIS titulada:
"Identificación de principales defectos y características físicas de ladrillos de madera maciza de Calophyllum brasiliense cambess (lagarto caspi) en Pucallpa"

Sustentada el año: 2019
Con la asesoría de: Dr. Manuel Iván Salvador Cárdenas
En la Facultad de: Ciencias Forestales y Ambientales
Carrera Profesional de: Ingeniería Forestal

Autorizo la publicación de mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali, bajo los siguiente términos: Primero: otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en forma digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones. Segundo: declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas. Tercero: autorizo la publicación,

☒ Total (significa que todo el contenido de la tesis en PDF será compartido en el repositorio).

☐ Parcial (significa que solo la carátula, la dedicatoria y el resumen en PDF serán compartidos en el repositorio).

De mi TESIS de investigación en la página web del Repositorio Institucional de la UNU.

En señal de conformidad firma la presente autorización.

Fecha: 27 / 01 / 2020

Email: unu-forestal09@hotmail.com

Firma: M. Colchado L.

Teléfono: 991410507

DNI: 46349464

DEDICATORIA

A Dios, por la vida que me ha dado, a mi madre Jesús María, por su enorme sacrificio, a mi familia entera por su apoyo incondicional y a mis abuelos Rafael y Sarita, por acogerme desde pequeño en su hogar y estar pendiente siempre de mí.

AGRADECIMIENTO

Al Dr. Manuel Iván Salvador Cárdenas, por su apoyo constante y hacer posible que este dentro del proyecto, por brindarme los conocimientos necesarios para culminar la presente tesis.

Al Ing. Noe Cristian Fachin Vargas, por su apoyo durante la ejecución de la tesis y por impartir sus conocimientos a mi persona.

A mis tíos y grandes abuelos que durante mis años como universitario siempre me ayudaron económicamente.

A mis profesores que durante estos años de estudio me brindaron los conocimientos necesarios para ser un profesional competitivo a nivel regional, nacional y porque no decirlo a nivel mundial.

A mis compañeros que estuvieron dentro del proyecto, por su apoyo e intercambio de ideas para hacer posible el presente trabajo de investigación.

A mis padrinos Flor y Nilton, a mi tía Marina, por ser los consejeros de mi vida, por ser como unos segundos padres para mí, que vinieron alimentando mi mente siempre de cosas positivas para ser una persona de bien ante la sociedad.

ÍNDICE DEL CONTENIDO

DEDICATORIA vi
AGRADECIMIENTO vii
ÍNDICE DEL CONTENIDO viii
ÍNDICE DE TABLAS x
ÍNDICE DE FIGURAS xi
RESUMEN xii
ASTRACT xiii
INTRODUCCIÓN 1
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 3
1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 3
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO 5
2.1. ANTECEDENTES 5
2.2. PLANTEAMIENTO TEORICO DEL PROBLEMA 7
2.2.1. *Calophyllum brasiliense* Cambess 7
2.2.2. Defectos de la madera 13
2.2.3. Bloques de ladrillos de madera 19
2.2.4. Clasificación de la madera en el Perú 19
2.2.5. Diagrama de Pareto 20
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS 21
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA 24
3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 24
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA 24
3.3. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS 25
3.3.1. Determinación de las características físicas de los ladrillos de madera 25
3.3.2. Identificación del origen de los defectos en los ladrillos de madea 25
3.3.3. Determinación de la frecuencia de defectos en los ladrillos de madera maciza 25
3.3.4. Determinación de las principales propiedades físicas de ladrillos de madera maciza 26
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS 27

3.4.1. Técnicas……27
3.4.2. Instrumentos para la recolección de datos……27
3.5. PROCESAMIENTO PARA RECOLECCIÓN DE DATOS.....27
3.6. TRATAMIENTO DE DATOS……28
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN……29
4.1. IDENTIFICACIÓN DE ORIGEN DE DEFECTOS EN LOS LADRILLOS DE MADERA MACIZA. 29
4.1.1. Defectos de origen anatómicos.....31
4.1.2. Defectos de origen biológico. 33
4.1.3. Defectos de origen de secado.....34
4.1.4. Defectos de origen de maquinado 35
4.2. DETERMINACIÓN DE LA FRECUENCIA EL NÚMERO DE DEFECTOS EN LOS LADRILLOS DE MADERA……..35
4.2.1. Número de defectos por ladrillo de madera 36
4.2.2. Clasificacion de los defectos utilizando el Diagrama de Pareto 37
4.3. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS QUE PRESENTAN LOS LADRILLOS DE MADERA MACIZA DE *Calophyllum brasiliense* Cambess (LAGARTO CASPI)……38
4.4. DETERMINACIÓN DE LAS PRINCIPALES PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS LADRILLOS DE MADERA ……40
4.4.1. Contenido de humedad.....40
4.4.2. Densidad seca al aire o de servicio.....41
4.4.3. Curva de secado ajustado de ladrillos de madera 41
CAPÍTUO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....44
5.1. CONCLUSIONES.....44
5.2. RECOMENDACIONES.....45
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....46
ANEXOS……52

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Propiedades físicas de la madera de *Calophyllum brasiliense* Cambess…….. 10

Tabla 2. Propiedades mecánicas en condiciones verdes (70% de contenido de humedad) *Calophyllum brasiliense* Cambess… 11

Tabla 3. Esfuerzos admisibles para el diseño de elementos estructurales con madera de *Calophyllum brasiliense* Cambess……. 11

Tabla 4. Propiedades mecánicas a 12% de contenido de humedad de *Calophyllum brasiliense* Cambess……... 12

Tabla 5. Origen y tipo de defectos en los ladrillos de madera de lagarto caspi……. 29

Tabla 6. Número de defectos simultáneos en los ladrillos de madera.. 35

Tabla 7. Características físicas de ladrillos de madera de lagarto caspi……. 38

Tabla 8. Propiedades físicas de los ladrillos de madera lagarto caspi.. 40

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1.	Ejemplo de diagrama de Pareto (tipos de defectos)……..	21
Figura 2.	Distribución porcentual del origen de defectos en los ladrillos de madera de lagarto caspi…….	30
Figura 3.	Porcentaje de defectos anatómicos en ladrillos de madera..	31
Figura 4.	Porcentaje de defectos de nudos……..	32
Figura 5.	Porcentaje de defectos biológicos en ladrillos de madera.	33
Figura 6.	Porcentaje de defectos de secado en ladrillos de madera…	34
Figura 7.	Porcentaje de defectos de maquinado en ladrillos de madera……..	35
Figura 8.	Distribución porcentual del número de defectos en ladrillos de madera……	36
Figura 9.	Diagrama de Pareto de defectos en ladrillos de madera de lagarto caspi……..	37
Figura 10.	Vistas ortogonales de ladrillo de madera de lagarto caspi….	39
Figura 11.	Curva de secado ajustado de ladrillos de madera de lagarto caspi……	41
Figura 12.	Defecto de origen anatómico (nudo hueco)…….	66
Figura 13.	Defecto de origen de secado (rajadura)……	66
Figura 14.	Defecto de origen biológico (perforaciones)……	67
Figura 15.	Defecto de origen de maquinado (arrancamiento de fibras y grano astillado)…….	67

RESUMEN

EL objetivo principal de la investigación fue identificar los principales defectos y características físicas de los ladrillos de madera maciza de *Calophyllum brasiliense* Cambess (lagarto caspi) en Pucallpa, como producto de innovación y/o alternativa para construcción de viviendas, fueron elaborados en el taller de carpintería y evaluados en el laboratorio de Tecnología de la Madera de la Universidad Nacional de Ucayali; se evaluaron e identificaron defectos de tipo anatómico, biológico, secado y de maquinado en 500 ladrillos; se utilizaron 10 ladrillos para estudiar características y principales propiedades físicas (Contenido de humedad y densidad). Fueron diseñados con las siguientes dimensiones; espesor 70 mm, ancho 12 cm, longitud 40 cm, ranura en su eje longitudinal de 14 mm ancho y 12,5 mm de profundidad, agujeros de 12.5 mm diámetro y biselado en 8 de sus 12 aristas. Los defectos encontrados corresponden a; 57% de tipo anatómico, 24% de secado, 17% de tipo biológico y 7% de maquinado. El diagrama de Pareto indica que defectos pocos vitales correspondieron a los nudos, perforaciones y rajaduras, mientras que defectos muchos triviales, correspondieron a duramen quebradizo, médula, alabeo, arrancamiento de fibras, acebolladura y grano astillado. Se encontró un contenido de humedad seca al aire de 17%, la especie posee densidad básica de 0,52 g/cm^3 y densidad de seca al aire de 0,66 g/cm^3. La curva de secado de los ladrillos mostró que iniciaron con un contenido de humedad máxima y mínima de 125 – 100% respectivamente, para progresivamente ir disminuyendo conforme pasen los días, finalmente a los 61 días, los ladrillos mostraron un contenido seco al aire o en equilibrio con la humedad higroscópica en el rango comprendido entre 19.5% y 14.6%, considerándose madera seca al aire.

Palabras claves: Ladrillo de madera, origen de defectos, propiedades físicas, curva de secado, contenido de humedad, densidad básica.

ABSTRACT

The main objective of the research was to identify the main defects and physical characteristics of the solid wood bricks of *Calophyllum brasiliense* Cambess (lizard caspi) in Pucallpa, as an innovation and / or alternative product for housing construction, were elaborated in the workshop of carpentry and evaluated in the Laboratory of Wood Technology of the National University of Ucayali; anatomical, biological, drying and machining defects in 500 bricks were evaluated and identified; 10 bricks were used to study characteristics and main physical properties (Moisture content and density). They were designed with the following dimensions; thickness 70 mm, width 12 cm, length 40 cm, slot in its longitudinal axis of 14 mm wide and 12.5 mm deep, holes of 12.5 mm diameter and beveled in 8 of its 12 edges. The defects found correspond to; 57% of anatomical type, 24% of drying, 17% of biological type and 7% of machining. The Pareto diagram indicates that few vital defects corresponded to; knots, perforations and cracks, while many trivial defects, corresponded to; heartwood brittle, medullar, warping, pulling fibers, stabbing and splintering grain. An air dry moisture content of 17% was found, the species has a basic density of 0.52 g/cm^3 and an air dry density of 0.66 g/cm^3. The drying curve of the bricks showed that they started with a maximum and minimum moisture content of 125 - 100% respectively, to progressively decrease as the days go by, finally at 61 days, the bricks showed a dry content in the air or in balance with hygroscopic humidity in the range between 19.5% and 14.6%, considering dry wood in the air.

Keywords: Wood brick, origin of defects, physical properties, drying curve, moisture content, basic density.

INTRODUCCIÓN

El Perú cuenta con más de 73 millones de hectáreas de cobertura forestal (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, 2015). Según FAO (2014), alrededor del 89% de los bosques del Perú son primarios y el país ocupa el cuarto lugar a nivel mundial con respecto a la extensión de sus bosques tropicales. Por otro lado, el Gobierno Regional de Ucayali GOREU (2007), señala que la cobertura de las áreas forestales en Ucayali representa el 73% del territorio, en donde se concentra una gran diversidad biológica.

La madera fue utilizada en la construcción por miles de años por su adaptabilidad a condiciones climáticas, siendo considerada como material primario de gran importancia (Casas de madera SATUS, 2016). Al respecto, la especie *Calophyllum brasiliense* Cambess (lagarto caspi) es utilizado como madera de excelente calidad para hacer mástiles, armaduras de embarcaciones, muebles y parquet (Pérez, 2017). Sin embargo, la escasa información de la madera como material estructural en las propiedades físicas y defectos de la madera se presentará como material de investigación (Ordoñez y Lugo, 2016).

La importancia de conocer las propiedades físicas, mecánicas y defectos de la manera se atribuye a la gran demanda como material de construcción (Casas de Madera SATUS, 2016). Por otro lado, la construcción con materiales como el hormigón y piedra necesita de mucha energía, aparte de muchas cantidades de agua y contamina el ambiente, mientras que con la madera no produce grandes cantidades de contaminación o requiera un gran suministro de energía (Dovetail, 2017).

Al respecto, el propósito de la investigación de conocer los defectos y características físicas de la madera se debe a que es un material renovable, versátil, ligero y resistente (Villena, 2010).

En este sentido la investigación tiene como objetivo general identificar los principales defectos y características físicas que presentan los ladrillos de madera maciza de *Calophyllum brasiliense* Cambess (lagarto caspi) en Pucallpa y como objetivos específicos: identificar el origen de los defectos que presentan

los ladrillos de madera maciza de *Calophyllum brasiliense* Cambess (lagarto caspi); determinar la frecuencia del número de defectos en los ladrillos de madera maciza de *Calophyllum brasiliense* Cambess (lagarto caspi); determinar las características físicas que presentan los ladrillos de madera maciza de *Calophyllum brasiliense* Cambess (lagarto caspi); y determinar las principales propiedades físicas de los ladrillos de la madera *Calophyllum brasiliense* Cambess (lagarto caspi).

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La construcción de vivienda con madera es casi paralela al origen de la raza humana (Barreto, 2014). La región de Ucayali posee 8.70 millones de hectáreas de reserva forestal, constituyéndose en un recurso renovable para la edificación de viviendas para la sociedad (Villena, 2010). El mismo autor, menciona que en la cuidad de Pucallpa se observan dos tipos de edificaciones de ladrillo y madera, la primera corresponde a los estratos de población de mayores ingresos y están ubicados principalmente en la zona céntrica y la segunda a poblaciones de bajos ingresos.

Las casas de ladrillo de madera son opciones de viviendas más ecológicas que las de ladrillos y hormigón tradicional. Además, la construcción en ladrillo de madera necesita de menos energía y supone un menor impacto ambiental que las convencionales. Al respecto, las piezas de ladrillo de madera tienen un sistema de encastre denominado “cola de milano” la cual se pueden unir los distintos ladrillos entre sí. (Dovetail, 2017)

Una de las grandes ventajas de construir una casa de ladrillo de madera es lo rápido del proceso de construcción. Por consiguiente, ahorras tiempo y dinero ya que, a menor tiempo de construcción, menor serán los gastos de mano de obra. Por otro lado, el mantenimiento del ladrillo de madera no es especialmente costoso. (Pacheco, 2016)

La madera ha venido siendo utilizado por el hombre como material estructural desde hace miles de años. Así mismo, la madera es un recurso renovable para la edificación de viviendas para la sociedad. Al respecto, los ladrillos de madera es una innovadora solución constructiva que le agrega valor al subproducto forestal. (Villena, 2010)

Bajo lo mencionado la investigación tuvo como finalidad realizar un estudio de identificación de principales defectos y características físicas de ladrillos de madera maciza de *Calophyllum brasiliense* Cambess (lagarto caspi) en Pucallpa. De esta manera nos permitió identificar los defectos y características de 500 ladrillos como muestra, ya que los ladrillos de madera representan y contribuyen a generar alternativas de construcción y uso integral de la madera en el campo de construcción y la industria forestal.

En base a lo planteado la investigación permitió resolver las siguientes interrogantes:

1.1.1. Problema General

- ¿Cuáles son los principales defectos y características físicas que presentan los ladrillos de madera maciza de *Calophyllum brasiliense* Cambess (lagarto caspi) en Pucallpa?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el origen de los defectos que presentan los ladrillos de madera maciza de *Calophyllum brasiliense* Cambess (lagarto caspi)?

- ¿Cuál es la frecuencia del número de defectos en los ladrillos de madera maciza de *Calophyllum brasiliense* Cambess (lagarto caspi)?

- ¿Qué características físicas presentan los ladrillos de madera maciza de *Calophyllum brasiliense* Cambess (lagarto caspi)?

- ¿Cuáles son las principales propiedades físicas de los ladrillos de madera *Calophyllum brasiliense* Cambess (lagarto caspi)?

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

2.1.1 Estudios realizados en características y defectos de madera

Jimeno (2015), describió los pasos de evaluación de los defectos biológicos de la madera estructural de una vivienda a través de los síntomas y signos que la caracterizan. Al respecto, se parte de una inspección visual como la herramienta más elemental, para realizar el estudio del estado de la madera. Luego, se finalizó la evaluación con un informe que establece las necesidades de intervención en las zonas dañadas. Además, se específica las soluciones indispensables de rehabilitación, de acuerdo a criterios variables, teniendo en cuenta el conocimiento que se tiene sobre el material (madera).

Las dimensiones de las piezas de madera influyen en la velocidad de secado, las piezas de menor espesor secan primero y es conveniente organizar las piezas de forma tal que queden espacios homogéneos y verticales “chimeneas” en el interior de la pila. Por la longitud, asegurar una restricción mecánica y evitar deformaciones y rajaduras por extremos (alineamiento de separadores). En conclusión, el apilado es más fácil con piezas de la misma longitud, como los ladrillos de madera de 40 cm de longitud, su baja longitud permitió un rápido secado. (Muñoz, 2018)

La madera debe ser secada con un riesgo mínimo de daño. El degradado incluye rajaduras, grietas, deformaciones, decoloración y cualquier otro cambio en la madera que reduce su utilidad, y su valor. Adicionalmente, es adecuado tomar en cuenta la especie de madera para definir la temperatura y velocidad de secado. Con el equipo y las herramientas adecuadas, y teniendo conocimiento de cómo utilizarlos las pérdidas por secado se registrará por debajo del 2%. (Blue, 2014)

Taminche (2011), determinó el rendimiento y los defectos de madera dura para frisas. Así mismo, el número de árboles talados fue 81 unidades, produciéndose 71,20 m^3 de madera bloqueada de las especies *Dipteryx micrantha* (Shihuahuaco), *Manilkara bidentata* (Quinilla) e *Hymenaea palustri*s (Azúcar Huayo). En conclusión, los rendimientos de las especies son afectados por factores de origen natural (diámetro de las trozas, nudosidad, magnitud de defectos y sinuosidad) y mecánico (ancho de corte y rajaduras).

Spichiger (2004), determinó el rendimiento y calidad de madera aserrada de Sequoia. En consecuencia, se procesaron 77 trozas para obtener tablas y tablones de ancho variable, luego se clasificó cada tabla de acuerdo a la norma chilena y a la norma americana "Redwood Inspection Service". En conclusión, se presentó 47% de madera con nudos y de menor incidencia que afecta la calidad de la madera son la médula y presencia de albura.

Montón *et al,* (2011), clasificaron visualmente piezas de madera aserrada de pino radiata según la norma española UNE 56544; 150. Al respecto, la norma establece dos calidades visuales (ME-1 y ME-2). En conclusión, se obtuvo un elevado porcentaje de piezas rechazadas (47%) por motivo al defecto de alabeo.

Riva (2007), determinó el rendimiento de la madera de Copaiba (*Copaifera officinalis*) con trozas provenientes de las zonas de Tournavista y Neshuya. Al respecto, se midieron, longitud, conicidad y defectos. En conclusión, se destacan las rajaduras y las acebolladuras como los defectos más característicos de la Copaiba; los cuales cuando se manifiestan en mayores longitudes y anchos generan rendimientos mucho menores.

Interián *et al,* (2011), determinaron que la especie *Caesalpinia gaumeri* (Kitinché) es una especie muy apreciada en la construcción de casas. Al respecto, se encontró que la madera es dura y carece de defectos biológicos. A consecuencia, de sus características anatómicas de la madera como por ejemplo duramen oscuro, hilo entrecruzado, porosidad

difusa, rayos uniseriados, parénquima axial aliforme, fibras de longitud mediana y con paredes extremadamente gruesas.

González (2017), determinó el control de calidad de madera aserrada de pino, jaúl y ciprés para el mercado de construcción. En consecuencia, se realizó una evaluación de calidad de la madera aserrada obtenida de plantaciones. Así mismo, se midieron los defectos encontrados en 909 unidades muestreadas, además fue clasificada según la norma INTE 06-07-02 2014. Finalmente, se obtuvo que el nudo fue el defecto con mayor frecuencia, en 75% de las piezas evaluadas, seguido por el alabeo, que se registró en 41%.

El punto de saturación de las fibras de la madera se puede definir como aquel en que la madera no contiene agua libre en los espacios intercelulares y celulares; pero las paredes de las fibras se encuentran saturadas. Este punto es de suma importancia ya que el proceso de hinchamiento se produce entre un contenido de humedad de 0% y este valor. A la inversa, la contracción ocurre cuando las paredes celulares pierden humedad por debajo del mismo, para el cual normalmente el agua contenida toma un valor comprendido entre el 25% y el 30% de la masa anhidra. A su vez, la mayoría de las propiedades mecánicas de este material mejoran a medida que la cantidad de agua de impregnación disminuye. (Hoffmeyer, 1995)

2.2. PLANTEAMIENTO TEÓRICO DEL PROBLEMA

2.2.1. *Calophyllum brasiliense* Cambess

2.2.1.1. Descripción de la especie

Árbol grande, de hasta 45 m de altura y 40-60 cm de DAP (diámetro a la altura del pecho), aunque puede llegar hasta 2 m, con fuste recto, cilíndrico, libre de ramas en los 2/3 basales, algunas veces con pequeños contrafuertes en la base. Copa: redondeada, densa, con ramas gruesas, ascendentes, torcidas. Corteza: lisa o con fisuras en forma de diamante, lo cual es una característica distintiva del árbol, de color gris o café grisáceo

con algunas partes de color amarillento, cuando se cortan, todas las partes del vegetal exudan un látex amarillento verdusco, amargo que sale por gotitas. Hojas: típicamente lustrosas y brillantes, simples, enteras, opuestas. Flores: algunos árboles producen solo flores masculinas, mientras que otros producen tanto masculinas como femeninas. Las flores son pequeñas, de color crema amarillento, en inflorescencias racimosas, generalmente más cortas que las hojas. Frutos: bayas globosas, 1-3 cm de diámetro, de color verde pálido, amarillento a marrón en la madurez, pulpa de olor fragante. Contienen una sola semilla, ovoide o esférica, de testa gruesa, color pardo. (Organización Internacional de las Maderas Tropicales ITTO, 2018)

Según el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE (2000), *Calophyllum brasiliense* Cambess se encuentra en los bosques húmedos tropicales, desde el nivel del mar hasta 1700 msnm, con precipitaciones desde 1350 hasta 4000 mm y temperaturas medias anuales de 20-28 °C. Crece bien en las faldas de pequeñas colinas, en suelos aluviales, profundos, arcillosos, muy húmedos y ácidos (4.5-6.0). También, se le encuentra en las faldas de colinas costeras, en suelos ricos en hierro y aluminio, pero pobres en potasio y fósforo, o en planicies cercanas a cursos de agua, donde incluso puede tolerar inundaciones estacionales, pero allí su crecimiento es menor. Tolera bien la sombra, de manera que se puede encontrar regeneración abundante bajo el dosel.

2.2.1.2 Características de la madera

La madera puede variar en tono desde rosado a rojo a púrpura, pero es típicamente monocromático. Es la madera predilecta de muchos fabricantes de muebles en Centro América debido a su abundancia y excelente trabajabilidad. Muestra un brillo y un patrón de veteado de calidad. Tiene una buena resistencia al deterioro por hongos e insectos perforadores, pero es moderadamente susceptible al ataque de termitas. (Madera Sostenibles, 2008)

Según Hernández (1999), existe marcada diferencia entre albura y. duramen; el duramen de color anaranjado rojizo a rojizo pardo; la albura color castaño grisáceo. Tiene una densidad de 0.58 g/cm^3 moderadamente durable al ataque de hongos.

2.2.1.3 Característica macroscópica y microscópica

La madera presenta una transición gradual entre la albura y el duramen, albura color rosado y el duramen castaño rojizo claro. La superficie es brillante, textura media a gruesa, el grano entrecruzado, veteado pronunciado por el tamaño de las líneas vasculares y grano entrecruzado que hace que en las caras radiales se observen fajas claras y oscuras. En la cara transversal se puede observar a simple vista los poros y el parénquima. No presenta sabor ni olor característico (Mamani, 2015). El mismo autor menciona, que los poros son de medios a grandes, de pocos a pocos numerosos predominantemente solitarios y ocasionalmente múltiples de dos, de forma circular a oval, con alto contenido de gomas y se encuentran dispuestos en cadenas radiales y oblicuas. Los elementos vasculares son de cortos a largos, con lígulas cortas en ambos extremos. Presenta placa de perforación simple y ligeramente inclinada. Las puntuaciones intervasculares, dispuestas en forma alterna son pequeñas y de contorno circular a oval.

2.2.1.4. Características tecnológicas

Con una densidad básica de 0.56 g/cm^3 y está clasificada como una madera pesada (Tabla 1). El valor de la densidad está influenciado por el grosor de la pared celular de las fibras que es predominantemente gruesa. Los coeficientes y la relación de contracción que presenta esta especie son favorables para su comportamiento durante el secado, en lo referente a distorsiones como consecuencia de los esfuerzos internos y el cambio de dimensiones que podría experimentar. (Centro de Utilización y Promoción de Productos Forestales CUPROFOR, 1997)

Tabla 1. Propiedades físicas de la madera de *Calophyllum brasiliens* Cambess.

Propiedad	Promedio	Margen de error	Clasificación
Densidad verde C.H.= 71.00%	0.96 g/cm^3	0.03	
Densidad seca al aire C.H.= 15.86%	0.70 g/cm^3	0.06	
Densidad al 12%	0.69 g/cm^3	0.06	
Densidad anhidra	0.65 g/cm^3	0.06	
Densidad básica	0.56 g/cm^3	0.04	Pesada
Volumétrica total	14%	1.44	Muy alta
Contracción tangencial 12%	5.70%	0.63	
Contracción radial al 12%	3.89%	0.46	Alta
Contracción tangencial anhidra (Ctg.)	8.91%	0.99	Muy alta
Contracción radial anhidra (Cr).	6.07%	0.72	Muy alta
Relación de contracción (Ctg/Cr.)	1.48	0.14	Bajo
Punto de saturación de fibras	32.10%		
Coef. de contracción tangencial	0.28	0.03	Bajo
Coef. de contracción radial	0.19	0.02	Bajo
Movimiento tangencial	1.72%		
Movimiento radial	2.72%		
Movimiento	4.44%		Medio

Fuente: CUPROFOR (1997).

C.H.= Contenido de humedad Ctg. = Contracción Tangencial
Cr.= Contracción radial

Tabla 2. Propiedades mecánicas en condiciones verdes (70% de contenido de humedad) de *Calophyllum brasiliense* Cambess.

Propiedad	Medición	Promedio
Flexión estática	Módulo de rotura	635.90 kg/cm^2
	Módulo de elasticidad	94623 kg/cm^2
Compresión paralela	Resistencia máxima	309.89 kg/cm^2
Compresión perpendicular	Esfuerzo límite proporcional	25.70 kg/cm^2
Dureza janka	Resistencia lateral	422.12 kg
	Resistencia extremos	499.77 kg
Extracción de clavos	Resistencia lateral	118.10 kg
	Resistencia extremos	64.58kg
Cizalle	Resistencia máxima	70.74 kg/cm^2
Tensión perpendicular	Resistencia máxima	40.74 kg/cm^2
Clivaje	Resistencia máxima	59.72 kg/cm^2

Fuente: CUPROFOR (1997).

En la Tabla 2, se muestran los valores de resistencia en estado verde, a partir de los cuales se calculan los esfuerzos admisibles.

Tabla 3. Esfuerzos admisibles para el diseño de elementos estructurales con madera de *Calophyllum brasiliense* Cambess.

Propiedad	Medición	Promedio	Clasificación
Flexión estática	Módulo de rotura	203.52 kg/cm^2	Media
	Módulo de elasticidad	90925 kg/cm^2	Media
Compresión paralela	Resistencia máxima	157.54 kg/cm^2	Alta
Compresión perpendicular	Resistencia máxima	13.24 kg/cm^2	Baja
Cizalle	Resistencia máxima	22.26 kg/cm^2	Alta

Fuente: CUPROFOR (1997).

En la Tabla 3, se indica que esta especie estructuralmente es de resistencia media por lo tanto puede ser utilizada en elementos de construcciones que soporten cargas medianas. Al 12% de contenido de humedad (Tabla 4) tiene una resistencia media, característica importante en la transformación de esta especie, porque permite poder utilizarla sin problemas en partes de muebles que soportarán algún esfuerzo. (CUPROFOR, 1997)

Tabla 4. Propiedades mecánicas a 12% de contenido de humedad de *Calophyllum brasiliense* Cambess.

Propiedad	Medición	Promedio	Clasificación
Flexión estática	Módulo de rotura	891 kg/cm^2	Media
	Módulo de elasticidad	107200 kg/cm^2	Media
Compresión paralela	Resistencia máxima	456.32 kg/cm^2	Muy baja
Compresión perpendicular	Esfuerzo límite proporcional	46.30 kg/cm^2	Baja
Dureza janka	Resistencia lateral	502.50 kg	Media
	Resistencia extremos	619.44 kg	Media
Extracción de clavos	Resistencia lateral	146.56 kg	Media
	Resistencia extremos	94.50 kg	Media
Cizalle	Resistencia máxima	106.80 kg/cm^2	Media
Tensión perpendicular	Resistencia máxima	46.85 kg/cm^2	
Clivaje	Resistencia máxima	75 kg/cm^2	

Fuente: CUPROFOR (1997).

2.2.2. Defectos de la madera

La madera como material de construcción debe estar libre de defectos. Un defecto en la madera es cualquier irregularidad que reduzca su durabilidad, resistencia, valor estético o volumen utilizable. Se llaman defectos a los cambios del aspecto exterior de la madera, las alteraciones en la integridad de los tejidos y membranas celulares, en la irregularidad de su estructura y los deterioros de la madera que reducen su calidad y limitan las posibilidades de su empleo. Los defectos de la madera de procedencia mecánica que surgen en ella durante la tala, el transporte, la clasificación y el maquinado, se llaman defectos por daño. Los defectos de la madera se subdividen en los grupos siguientes: Nudos, fendas, defectos en la forma del tronco, defecto en la estructura de la madera, coloración química, ataques producidos por los hongos, ataques producidos por los insectos, así como daño y deformaciones. (Chan, Araujo y Azueta, 2002)

2.2.2.1. Defectos originados por la constitución anatómica de la madera

Cualquier irregularidad en la madera que afecta su resistencia o durabilidad se conoce como defecto. Según Vignote y Martínez (2017), definen los defectos anatómicos de la madera:

- **Los nudos:** Son las ramas del árbol, no es en sí un defecto, pero modifican las características de la madera, tanto en su aspecto, en su resistencia como en su trabajabilidad, de forma que en la mayoría de las especies es el defecto que más influye en el valor de la madera.

- **Médula:** La médula son elementos inherentes al árbol, cuyo principal efecto es denotar que la pieza que lo contenga tenga madera juvenil, y con ello que tenga riesgo de deformaciones y menor resistencia mecánica.

- **Madera de corazón:** El defecto más importante de la madera aserrada relativo al duramen es cuando en una misma pieza se presenta la albura y el duramen. En este caso el contraste suele presentar efectos estéticos desfavorables.

- **Entrecasco:** Este defecto presenta como característica la inclusión de corteza en el interior de una tabla de madera aserrada.

- **Madera de compresión:** Es madera correspondiente a árboles que han crecido de forma inclinada. Se caracteriza por tener la madera tardía más ancha que la madera temprana. El principal problema que origina la madera de compresión suele ser su tendencia a curvarse o a deformarse.

- **Madera con bolsas de resina o taninos:** El efecto de la bolsa de resina es como si la madera tuviese un hueco, y por tanto supone una pérdida de sección que resta resistencia a la madera. También, las bolsas de resina suponen un problema tecnológico al embotar con la resina las distintas herramientas que puedan utilizarse en su elaboración (sierras, cuchillas, lijas) además dificulta el encolado y barnizado al interponerse entre la madera y el pegamento o barniz que se esté aplicando. Por último, también suponen un defecto estético importante.

- **Fenda:** Son roturas locales de la madera, producidas según planos de corte que incluyen la dirección radial y la del eje del árbol, causadas por esfuerzos superiores a los valores de resistencia de esa madera. Hay muchas causas que puedan originar este defecto, como puede ser heladuras del árbol cuando estaba vivo, tensiones de crecimiento que se manifiestan en el momento de la corta del árbol o como suele ser lo más frecuente, con el secado de la tabla. Pero el efecto es muy similar, que provoca una pérdida de resistencia de la madera, además de una pérdida de valor estético.

- **Acebolladura:** Son roturas locales de la madera, producidas entre anillos de crecimiento y a lo largo del eje del árbol, causadas por la coincidencia de esfuerzos que inciden sobre una madera que ha crecido de forma irregular (sequía y defoliación). El efecto de la acebolladura es similar al causado por las fendas, aunque el poner de patente el crecimiento irregular del árbol, hace que este defecto sea peor valorado que el de las fendas.

2.2.2.2. Defectos originados por ataques biológicos

El origen orgánico de la madera la hace susceptible de ser degradada por organismos xilófagos. Sin embargo, para la actuación de la mayoría de estos organismos xilófagos, se requieren contenidos de humedad. Los organismos vivos (insectos xilófagos y hongos) que en la madera encuentran su lugar de vida y fuente de nutrición para su desarrollo, mediante la asimilación de los hidratos de carbono que posee la celulosa y la lignina que consumen. (Fernández, 2001)

Así mismo, la madera por el hecho de ser materia orgánica, es susceptible del ataque de seres vivos, que provocan su total degradación. Según Vignote y Martínez (2017), definen las alteraciones producidas por agentes bióticos destructores de la madera.

- **Coloraciones:** Es una alteración provocada por algunas especies de hongos denominados cromógenos que se han especializado en alimentarse del contenido celular de las células vivas de la madera. El único efecto importante que produce en la madera es un cambio de coloración, pero en general no afecta a su resistencia, dado que no altera la pared celular, responsable de la resistencia de ésta.

- **Mohos:** Cuando se produce una elevada humedad relativa o en el momento de la condensación de vapor acuoso se puede producir sobre la superficie de la madera el desarrollo de hongos tipo mohos de forma algodonosa (ataque que no es específico de la madera)

que provoca una pequeña alteración, fundamentalmente del color sobre esa superficie de la madera.

- **Pudriciones:** Es una alteración provocada por algunas especies de hongos denominados de pudrición que se han especializado en alimentarse de la pared celular constitutiva de la madera, causando por ello una pérdida de resistencia, que, si el ataque es importante, impide cualquier tipo de aplicación de esta, dado que su resistencia se anula, pudiendo desintegrarse por la simple acción de la presión de los dedos.

- **Bacterias**: Son los primeros microorganismos que colonizan la madera expuesta en ambientes húmedos, han sido encontradas en maderas sumergidas en agua salada y dulce y en contacto con el suelo. El efecto de las bacterias sobre la madera es variado, se ha detectado un aumento en la permeabilidad, como resultado de la degradación de las membranas de las punteaduras, también se ha reconocido la capacidad enzimática para degradar la pared celular; algunas poseen la facultad de atacar maderas que han sido tratadas químicamente con preservantes.

- **Picaduras o perforaciones:** Son pequeños agujeros o galerías producidas por el ataque de insectos xilófagos. En el mundo existe una importante fauna de insectos que se alimentan de la madera muerta.

2.2.2.3. Defectos originados por el secado

El secado de la madera consiste en obtener un contenido de humedad que quede en equilibrio con la atmósfera en la cual será utilizada con el menor costo y degradación posible (Morris, 2008). Sin embargo Londoño (2018), menciona los defectos de la madera que produce el secado de la madera:

- **Fendas o Rajaduras:** Las fendas son rupturas en la madera a lo largo del grano que se desarrollan durante el secado de la madera.

- **Alabeo:** El término alabeo se utiliza para describir cualquier distorsión del plano verdadero que pueda presentarse en una pieza de madera durante el secado.

- **Endurecimiento superficial:** Es la condición que se presenta en las maderas cuando, debido al secado, las capas exteriores se encuentran sometidas a esfuerzos de compresión, mientras que las interiores lo están a esfuerzos de tracción.

- **Colapso:** Es un defecto que algunas veces se desarrolla cuando el duramen muy húmedo de ciertas especies es sometido a secado.

- **Apanalado:** Es la aparición de fisuras y grietas en el interior de una pieza de madera, originadas por los esfuerzos del secado.

2.2.2.4. Defectos originados por agentes abióticos

La madera puede degradarse rápidamente por la acción del fuego y es algo alterable por la luz. Según Vignote y Martínez (2017), definen los defectos originados por agentes abióticos:

- **Oscurecimiento por degradación de la luz:** El espectro ultravioleta de la luz penetra unas micras en el interior de la madera, descomponiendo la lignina y por tanto afectando en gran medida en las características de la pared primaria y parte de la primera pared de la secundaria de las células de la madera. Esta descomposición supone el desligamiento de las células de la madera y con ello su disgregación.

- **Meteorización:** Si al efecto de la luz ultravioleta se une el agua de lluvia que arrastra la celulosa degradada el efecto es mucho más

rápido, apareciendo la superficie de la madera además con un color más oscuro con pequeñas perforaciones casi continuas que profundizan apenas unos milímetros.

- **Quemaduras:** La madera expuesta al fuego arde en su superficie rápidamente, formándose una capa carbonosa que impide que el oxígeno necesario para la combustión pase al interior de la madera, ralentizándose la combustión, de forma que si el aporte de calor no continua el proceso puede incluso pararse.

2.2.2.5. Defectos originados en el maquinado

Londoño (2018), menciona los defectos de la madera se puede controlar trabajando con bajos contenidos de humedad y cuchillos filosos; los posibles defectos a continuación:

- **Grano levantado**: Ocurre solamente cuando la madera se maquina con un contenido de humedad mayor al 12%. En el cepillado la apariencia corrugada de la superficie se debe al rompimiento de la madera tardía por acción de las cuchillas del cepillo.

- **Grano suelto:** El término grano suelto se refiere a la separación y rizado de los anillos de crecimiento sobre la superficie de una tabla plana.

- **Grano lanoso:** La superficie lanosa se desarrolla cuando sobre la superficie de la tabla existen fibras individuales o pequeños grupos de fibras sueltas en gran número.

- **Grano astillado:** Defecto producido por las cuchillas del cepillo cuando rompe las fibras en pequeñas partículas.

- **Grano desgarrado:** Llamado también repelo, defecto en la madera cepillada, en el que las fibras, por acción de las cuchillas, han sido

desgarradas junto a los nudos o alrededor de los sitios en que las fibras están más o menos levantadas.

2.2.3. Bloques de ladrillos de madera

Buscando una nueva mirada al aprovechamiento del subproducto de la madera, es posible generar bloque o ladrillo que cortado de una forma particular, puede ser encastrable entre sí, dando origen a un novedoso sistema de construcción. De esta forma, ideó un “ladrillo de madera”, cuyas piezas tienen un sistema de encastre denominado “cola de milano” o “cola de paloma”, a través del cual se pueden unir los distintos ladrillos entre sí. Este sistema tiene una serie de ventajas y beneficios, una de ellas es su bajo costo, debido a que la madera necesaria para elaborar los ladrillos tiene muy poco valor. Por otro lado, su fácil armado, al estilo lego, permite prescindir de mano de obra especializada y además facilita una rápida construcción. Otra de las innovaciones que presenta este sistema es su alta calidad acústica y eficiencia térmica. (Dovetail, 2017)

El sistema Bloques de Madera Encastrada BME, está compuesto por bloques o “ladrillos” que se superponen unos a otros unidos a través de listones, tarugos de madera y clavos metálicos. Características del sistema BME son rápida construcción, resistencia en muros portantes y no portantes, disminución en las cargas de la edificación, no utiliza agua, ahorra tiempo en la construcción, reduce sustancialmente los desperdicios y generación de desperdicios en obra, reduce el esfuerzo físico de los obreros. Las cualidades de las edificaciones con el sistema BME son muros robustos, térmicos, acústicos, antisísmico, antiestático, no condensa la humedad, durables, fácil mantenimiento, excelentes terminaciones, eficientes y hermosos diseños ecológicos. (Madera y Construcción, 2014)

2.2.4. Clasificación de la madera en el Perú

Para la Clasificación de la madera se puede consultar las siguientes normas técnicas:

- **NTP 251.101:** 1988 MADERA ASERRADA. Definiciones y Clasificación.

- **NTP 251.114:** 1990 MADERA ASERRADA. Clasificación por defectos.

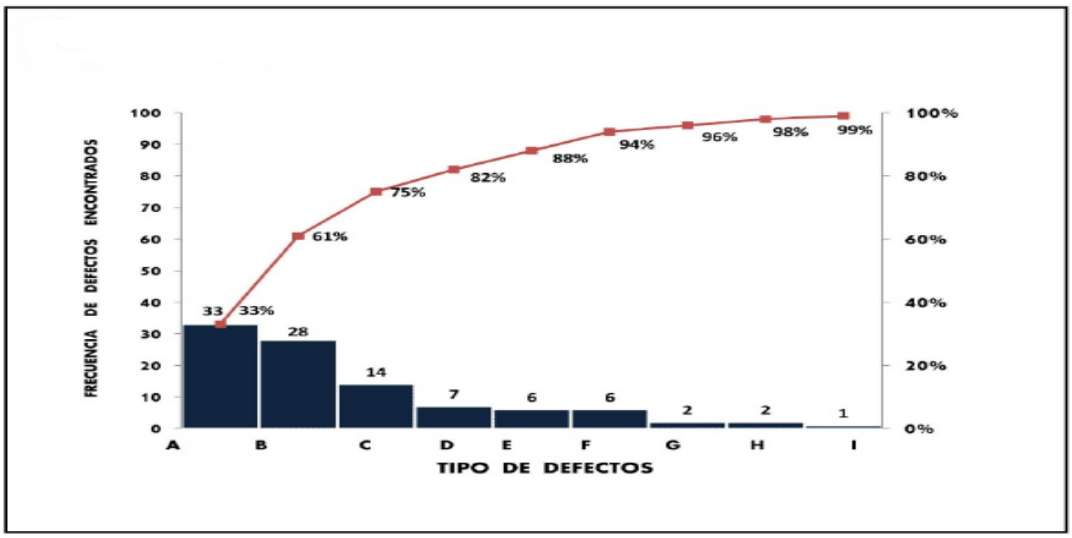
- **NTP 251.115:** 1990 MADERA ASERRADA. Clasificación por rendimientos.

- **NHLA:** 2003 STANDARD GRADES FOR MEASUREMENT AND INSPECTION OF HARDWOOD LUMBER.

La determinación del grado de una pieza de madera, dependerá de los siguientes criterios: dimensiones, naturaleza e importancia de los defectos que contenga, dimensiones mínimas de las piezas de corte de rendimiento, número de cortes de rendimiento obtenidos y rendimiento porcentual en cortes limpios o libre de defectos en relación a la superficie total de la pieza. Por otro lado, se consideran como defectos para la Norma, las imperfecciones producidas por separación del leño, anatomía de la madera, hongos u otros agentes, insectos xilófagos, aserrío y secado y efectos de la madera de reacción. (Ríos, 2005)

2.2.5. Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto está basado en la “ley 80-20” o de “los pocos vitales y muchos triviales”. Así mismo, el diagrama de Pareto es una gráfica para organizar datos en orden descendente (Figura 1). (Ruiz y Rojas, 2009)



Fuente: Diagrama de Pareto (Riquelme, 2018).

Figura 1. Ejemplo de diagrama de Pareto (tipos de defectos).

El diagrama permite mostrar gráficamente el principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales), es decir, que hay muchos problemas sin importancia frente a unos pocos muy importantes. Mediante la gráfica colocamos los "pocos que son vitales" a la izquierda y los "muchos triviales" a la derecha. El diagrama facilita el estudio de las fallas en las industrias o empresas comerciales, así como fenómenos sociales o naturales psicosomáticos. (Riquelme, 2018)

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **Calidad:** Término utilizado para describir las características de un producto y/o un servicio. Estas características deben ser medibles en términos cualitativos y cuantitativos. (Ucha, 2012)

- **Contracción volumétrica:** La contracción se define como la reducción de dimensiones de una pieza de madera, causada por la disminución del contenido de húmedad, a partir del punto de saturación de las fibras. (Instituto Forestal Chile IF, 1973)

- **Defectos:** Se llama defecto a la carencia o falta de las cualidades propias y naturales de una cosa o a cualquier imperfección natural o moral. (Wikipedia, 2017)

- **Defectos de la madera:** Son alteraciones que se han producido durante el crecimiento del árbol. Los Defectos de la Madera son anomalías que modifican la estructura de la misma. (Fernández, 2001)

- **Densidad:** Es la relación entre el peso (masa) de una sustancia y el volumen que ocupa (esa misma sustancia). Entre las unidades de masa más utilizadas están kg/m^3 o g/cm^3 para los sólidos. (Canalda, 1999)

- **Elemento estructural:** Elemento estructural es cada una de las partes diferenciadas, aunque vinculadas, en que puede ser dividida una estructura a efectos de su diseño. (Glez, 2011)

- **Estructura:** Una estructura es un conjunto de elementos unidos entre sí capaces de soportar las fuerzas que actúan sobre ella, con el objeto de conservar su forma. (Glez, 2011)

- **Evaluación:** La evaluación es la determinación sistemática del mérito, el valor y el significado de algo o alguien en función de unos criterios respecto a un conjunto de normas. (Wikipedia, 2018)

- **Ladrillo de madera:** Es un material de construcción derivado de la madera. Un producto empleado en la construcción de edificios u obras de ingeniería civil. (CORFONE, 2015)

- **Madera:** Se denomina madera a aquella parte más sólida y fibrosa de los árboles que se ubica debajo de su corteza. (FAO, 2012)

- **Madera aserrada:** Productos de aserrío obtenidos a partir de los rollos. (FAO, 2012)

- **Madera Tardía:** Parte del anillo de crecimiento formada al final del período vegetativo, a menudo más densa y oscura y con células de menor diámetro y mayor espesor de pared que la madera de primavera. (Nuñez, 2005)

- **Madera Temprana:** Parte del anillo de crecimiento formada al principio del período vegetativo, que, a menudo, da lugar a madera menos densa, más clara y con células de mayor diámetro y menor espesor de pared que la madera tardía. (Nuñez, 2005)

- **Propiedades Físicas:** Una propiedad física es aquella que se basa principalmente en la estructura del objeto, sustancia o materia, que es visible y medible. Podemos definir las propiedades físicas de un objeto mediante la observación y la medición. (Osorio, 2015)

- **Propiedades Mecánicas:** Los materiales tienen diferentes propiedades mecánicas, las cuales están relacionadas con las fuerzas exteriores que se ejercen sobre ellos. (Wikipedia, 2018)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El método de investigación fue descriptivo y cuantitativo porque se observó y se describió los defectos y características de los ladrillos de madera maciza, además que los defectos presentados en los ladrillos de madera maciza se expresaron en porcentajes.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población total estuvo constituida por 2713 ladrillos de *Calophyllum brasiliense* Cambess (Lagarto caspi) que fueron procesados en el taller de carpintería de la Universidad Nacional de Ucayali.

Para determinar el tamaño de la muestra se utilizó la siguiente fórmula:

$$\boldsymbol{n = \frac{k^2 * p * q * N}{(e^2 * (N - 1)) + k^2 * p * q}}$$

Dónde:

N : Tamaño de la población = 2713
K : Constante que depende del nivel de confianza asignado = 2.58
E : Error de la muestra deseada = 5.5% = 0.055
p : Proporción de individuos es igual a 0.5.
q : Proporción de individuos es igual a 0.5.
n : Tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra correspondió a 500 ladrillos de madera de *Calophyllum brasiliense* Cambess (Lagarto Caspi).

3.3. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. Identificación del origen de los defectos que presentan los ladrillos de madera de *Calophyllum brasiliense* Cambess (lagarto caspi)

Para determinar el origen de los defectos, se utilizaron los 500 ladrillos, donde se identificaron uno a uno defectos de tipo:

- Anatómico (nudo hueco, nudo arracimada, médula y acebolladura)
- Biológico (perforaciones grandes y perforaciones pequeñas).
- Secado (Alabeo, duramen quebradizo y rajaduras).
- Maquinado (Arrancamiento de fibras y grano astillado).

Para ello se utilizó la metodología de identificación de defectos (Ver Anexo 1) utilizada por Rodríguez (2004). Los defectos se registraron en el formato establecido en el Anexo 6.

3.3.2. Determinación de la frecuencia del número de defectos en los ladrillos de madera maciza de *Calophyllum brasiliense* Cambess (lagarto caspi)

Para determinar la frecuencia se realizó una tabla de clasificación, basadas en el número de defectos (0, 1, 2, 3 a más) encontradas en los ladrillos de madera, asimismo se realizó la clasificación de los defectos utilizando el Diagrama de Pareto, para identificar los defectos poco vitales y mucho triviales. (Riquelme, 2018)

3.3.3. Determinación de las características físicas que presentan los ladrillos de madera maciza de *Calophyllum brasiliense* Cambess (lagarto caspi)

Para determinar las características físicas se utilizaron 10 ladrillos de madera como muestra mínima, donde se tomaron las medidas de; espesor, ancho, largo, ancho ranura, profundidad de ranurado, diámetro de

orificio, profundidad de orificio y ancho de biselado. Los datos se registran en el Anexo 2.

3.3.4. Determinación de las principales propiedades físicas de la madera *Calophyllum brasiliense* Cambess (lagarto caspi)

Las principales propiedades físicas que se estudiaron fueron los siguientes:

- **Contenido de humedad**

Para el estudio del contenido de humedad se utilizaron 10 probetas de 2 cm x 4 cm x 10 cm, y 10 ladrillos de madera de 7 cm x 12 cm x 40 cm, siguiendo los procedimientos que establece la Norma Técnica Peruana NTP 251.011:2015. Se calcularon el contenido de humedad inicial y contenido de humedad seca al aire:

$$CH_{inicial} = \frac{Ph-Ps}{Ps} x\ 100 \qquad CH_{seco\ al\ aire} = \frac{Psa-Ps}{Ps} x\ 100$$

$CH_{inicial}$: Contenido de humedad inicial (%)
$CH_{seco\ al\ aire}$: Contenido de humedad inicial (%)
Psa: Peso de la madera seco al aire (g)
Ph: Peso de la madera en estado húmedo (g)
Ps: Peso de la madera en estado anhidro; peso final (g)

- **Densidad**

Se determinaron la densidad básica y la densidad seca al aire. Para ello se aplicaron las siguientes fórmulas:

$$DB = \frac{Ps\ (CH \approx 0\%)}{Vh(CH > 30\%} \qquad D_{seca\ al\ aire} = \frac{Psa\ (CH \approx cond.\ eque \approx 16\%)}{Vsa(CH \approx cond.\ eque \approx 16\%)}$$

DB: Densidad básica (g/ cm^3).
$D_{seca\ al\ aire}$: Densidad seca al aire (g/ cm^3).

Ps: Peso de la madera en estado anhidro; peso final.
Psa: Peso de la madera seco al aire.
Psa: Peso de la madera seco al aire.
Vh: Volumen de la madera en estado humedad.
Vsa: Volumen de la madera seco al aire.

- **Curva de secado de ladrillos de madera**

Para la construcción de la curva de secado de ladrillos de la madera se evaluaron el peso de 10 ladrillos durante 61 días, finalmente se secaron a estufa durante 2 días a temperatura ± 103 ºC, y se calcularon el contenido humedad con la fórmula descrita anteriormente.

3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1. Técnicas

Observación Directa: Esta técnica permitió observar y a su vez identificar de manera directa el objetivo principal de esta investigación, que son los principales defectos y características físicas de los ladrillos de madera maciza de *Calophyllum brasiliense* Cambess (Lagarto caspi).

3.4.2. Instrumentos para la recolección de datos

Hojas de Registro: Este instrumento a través de dos registros, uno de identificación permitió identificar los defectos de ladrillos de madera de lagarto caspi y el segundo registro de magnitudes de ladrillos de madera maciza de *Calophyllum brasiliense* Cambess (Lagarto caspi).

3.5. PROCESAMIENTO DE DATOS

Los datos por cada proceso se agruparon en una tabla de Excel de acuerdo a los defectos y características donde posteriormente se elaboraron las tablas y figuras.

3.6 TRATAMIENTO DE DATOS

Los datos se procesaron en una hoja de cálculo Excel y se presentaron en tablas, además se realizó el diagrama de Pareto para determinar los defectos pocos vitales y muchos triviales de los ladrillos de madera maciza.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. IDENTIFICACIÓN DEL ORIGEN DE DEFECTOS QUE PRESENTAN LOS LADRILLOS DE MADERA MACIZA

Tabla 5. Origen y tipo de defectos en los ladrillos de madera de lagarto caspi.

Origen de defectos	Tipo de defectos	Cantidad de ladrillos/origen		Cantidad de ladrillos/tipo	
		N°	%	N°	%
Anatómicos	Nudo	400	57	315	39
	Médula			70	11
	Acebolladura			15	2
Biológicos	Perforaciones grandes	130	17	30	4
	Perforaciones pequeñas			100	13
Secado	Alabeo	185	24	35	5
	Duramen quebradizo			50	7
	Rajaduras			100	13
Maquinado	Arrancamiento de fibras	50	7	35	5
	Grano astillado			15	2

En la Tabla 5, se presentan de manera general el origen de defectos divididos en anatómicos, biológicos, secado y maquinado en base al resultado del registro de identificación de defectos de ladrillo de madera de lagarto caspi (Anexo 6), la tabla también presenta tipos de defectos, número y porcentaje de ladrillos con defectos encontrados en ladrillos de madera de *Calophyllum brasiliense* Cambess. Haciendo una comparación con el estudio de Riva (2007) los defectos más característicos en la madera de *Capaifera officinalis* son originados del maquinado y secado.

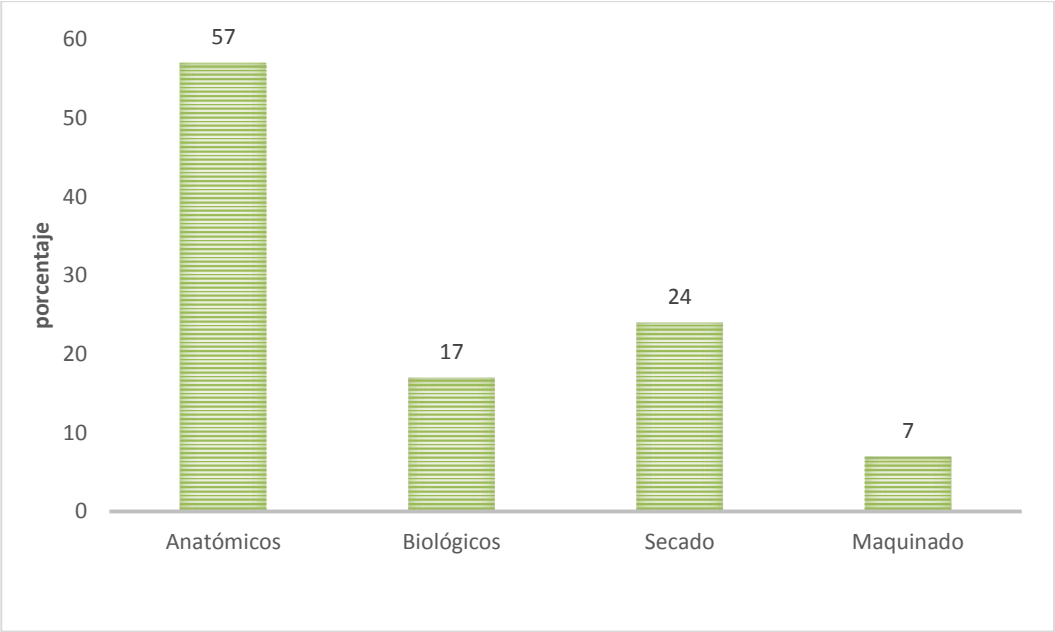


Figura 2. Distribución porcentual del origen de defectos en los ladrillos de madera de lagarto caspi.

La figura 2, muestra la distribución porcentual de los defectos encontrados en el ladrillo de la madera, en función a su origen. De dicha figura se puede deducir que los defectos de origen anatómicos son los que predominan con el 57% de los cuatro grupos de defectos que dan origen a los defectos; los defectos de origen biológico afectan en el 17%, mientras los que se originaron como consecuencia del secado al aire libre representan el 24% y los que se originaron en el proceso de maquinado de la madera ocupó el 7%. Haciendo una compracion con el estudio de Spichiger (2004), determina el rendimiento y calidad de madera aserrada de Sequoia y en consecuencia proceso 77 trozas para obtener tablas y tablones de ancho variable donde concluye con su estudio que se presentó 47% de madera con nudos, perteneciente este origen de defectos a lo anatómico.

Según Vignote y Martínez (2017), afirman que los nudos en la mayoría de las especies es el defecto que más influye en el valor de la madera, por lo tanto, es un defecto que prevalece y que puede ser muy poco evitable a comparación de un defecto biológico, un defecto de secado o maquinado que se puede evitar o reducir dichos efectos.

4.1.1. Defectos de origen anatómicos

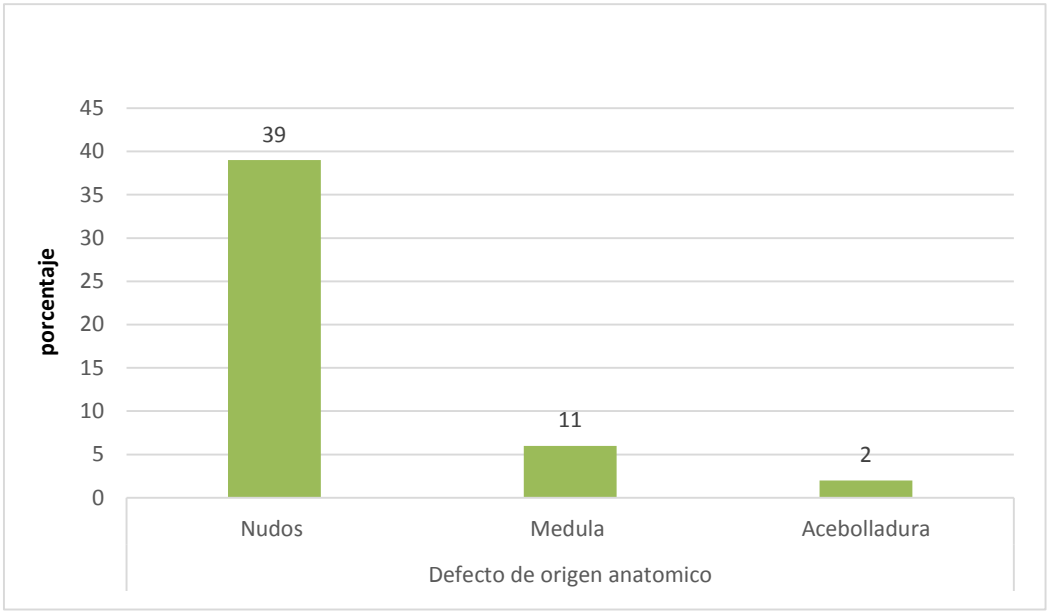


Figura 3. Porcentaje de defectos anatómicos en ladrillos de madera.

La figura 3, presenta los defectos anatómicos que se presentaron en los ladrillos de lagarto caspi, el defecto con mayor porcentaje fue la presencia de nudos (39%), seguido de la médula (11%) y acebolladura (2%). Los nudos modifican las características de la madera, tanto en su aspecto y en su resistencia y podría afectar las funciones de las edificaciones futuras, es el defecto que más influye en el valor de la madera, así lo indican Vignote y Martínez (2017). En comparación con otro estudio González (2017), determinó el control de calidad según los defectos de madera aserrada para el mercado de construcción, obtuvo que los nudos fue el defecto con mayor frecuencia en 75% de las piezas evaluadas, muy por encima de lo encontrado en el estudio, esto se debe a que evaluó 909 unidades de madera acerrada y que el pino es una madera que se caracteriza por tener mayor cantidad de nudos como la mayoría de las especies forestales.

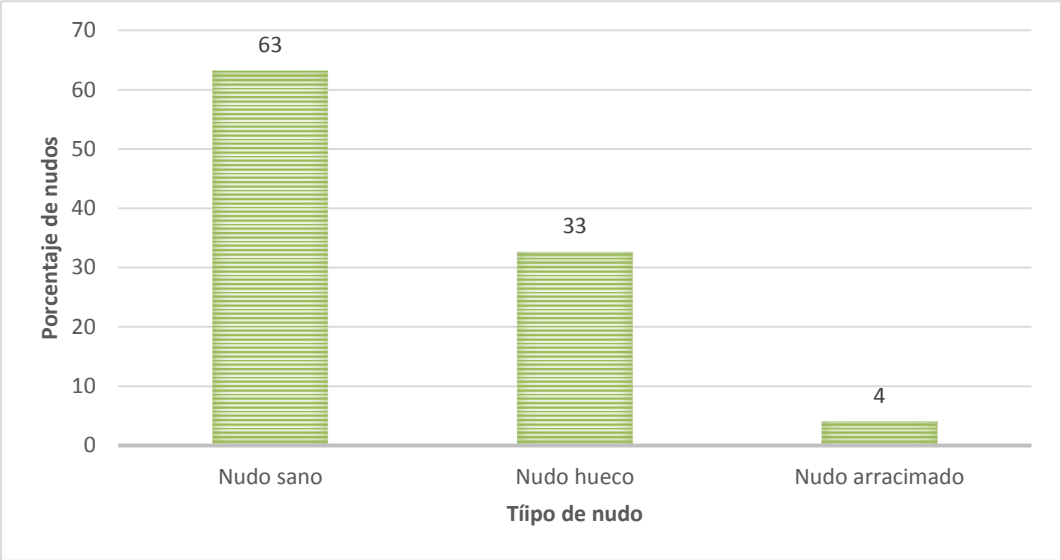


Figura 4. Porcentaje de defectos de nudos.

Asimismo, dentro de los nudos con un porcentaje de 39% (Figura 3) se presentaron tres tipos de nudos (sano, hueco y arracimado), (Figura 4). El nudo sano presentó mayor porcentaje con 63% y es el mejor ante el nudo hueco y nudo arracimado, porque no presentó deterioro ni pudrición al ladrillo, seguido del nudo hueco 33% que presentaron deterioro en diferentes lados del ladrillo y por último nudo arracimado 4% que desvían notoriamente las fibras que los rodean según (Rodríguez, 2004). Los defectos de los nudos huecos durante el proyecto fueron considerados siempre y cuando no fuesen exageradas pudriciones y se encontrasen en la parte inferior o superior del ladrillo por no ser visible en las caras laterales durante la edificación de la vivienda.

4.1.2. Defectos de origen biológico

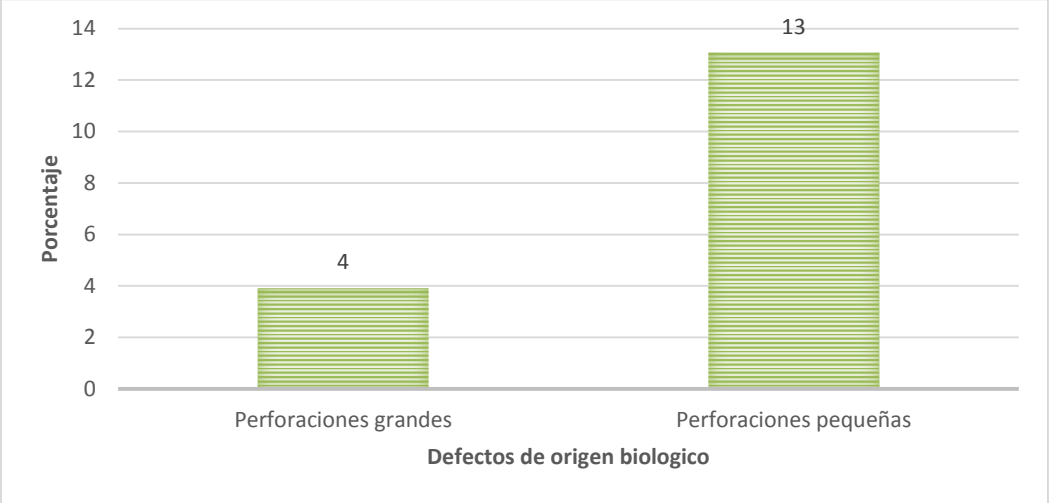


Figura 5. Porcentaje de defectos biológicos en ladrillos de madera.

En la figura 5, se observa la presencia de dos tipos de perforaciones presentes en los ladrillos causados por agentes biológicos. Las perforaciones grandes se encuentran en un 4% en los ladrillos estudiados, mientras que los ladrillos con perforaciones pequeñas representaron un 13%. Fernández (2001), menciona que las perforaciones son producidas por insectos xilófagos y producen una pérdida de resistencia de la madera.

En comparación con otro estudio Rey y Riesco (2012), determinaron la influencia de los hongos de la mancha azul en la resistencia de la madera de *Pinus sylvestri,* produciendo diferencias en la densidad y contracción y que estes agentes biológicos pueden ser reducidos por diversas sustancias químicas, entre las cuales pentaclorofenato de sodio (PCPNa) por su eficiencia y bajo costo, sin embargo, en algunos países están prohibidas por su alta toxicidad al ambiente.

4.1.3. Defectos de origen de secado

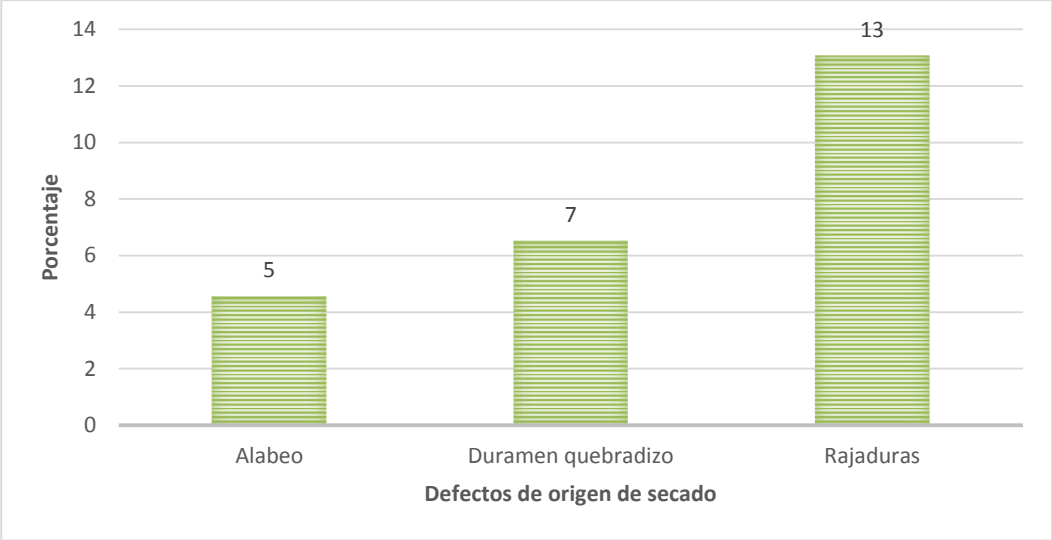


Figura 6. Porcentaje de defectos de secado en ladrillos de madera.

La figura 6, muestra el porcentaje de ladrillos de madera afectados por el proceso de secado, donde se observa que un 5% de ladrillos presentaron alabeos, mientras que el 7% tuvieron duramen quebradizo y finalmente el 13% mostraron rajaduras. Para entender estos valores citamos a la Confederación Peruana de la Madera (2008)**,** quien menciona que la especie *Calophyllum brasiliense* Cambess, es una madera moderadamente difícil de secar al aire, tiene cierta tendencia a alabearse y rajarse; el secado debe ser lento al aire libre y recomienda un programa de secado suave o moderado.

Los defectos producidos por el secado de la madera disminuyen su valor comercial y afecta su utilidad industrial tal como lo indica Morris (2008). Sin embargo Blue (2014), menciona que para reducir estos defectos de secado hay que tomar en cuenta la especie de madera para definir la temperatura y velocidad de secado con el equipo y las herramientas adecuadas y teniendo conocimiento de cómo utilizarlos.

4.1.4. Defectos de origen de maquinado

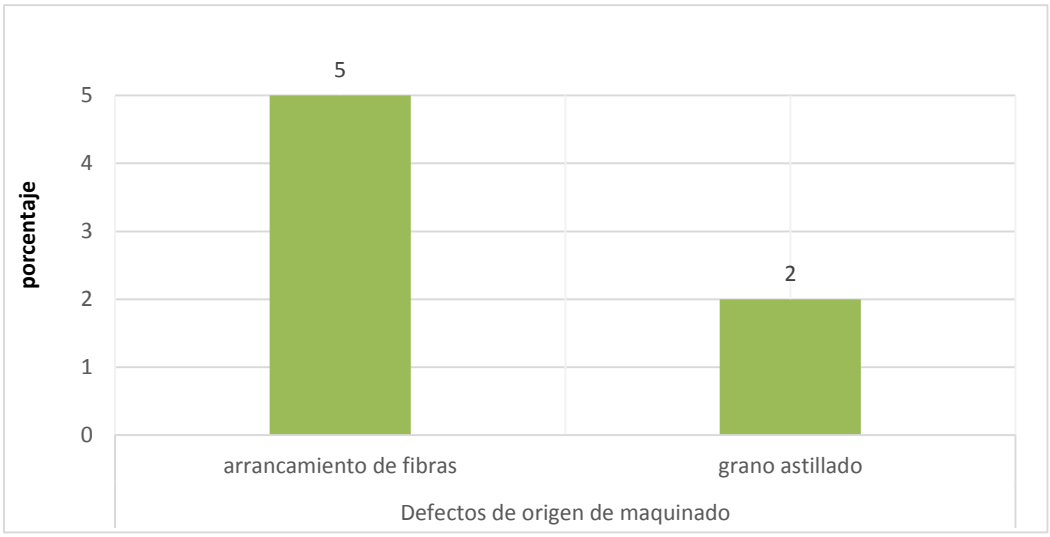


Figura 7. Porcentaje de defectos de maquinado en ladrillos de madera.

En la figura 7, se muestran el porcentaje de ladrillos de madera afectados por los procesos de maquinado, en el cual se puede observar que existe un 5% de ladrillos con arrancamientos de fibras y un 2% con grano astillado, sin embargo, Mamani (2015), menciona que estos datos son aceptables ya que la especie posee fibras entrecruzadas y una textura media. Londoño (2018), menciona que los defectos de maquinado se pueden controlar o reducir trabajando con bajos contenidos de humedad y cuchillos filosos de las máquinas a trabajar.

4.2. DETERMINACIÓN DE LA FRECUENCIA DEL NÚMERO DE DEFECTOS EN LOS LADRILLOS DE MADERA

4.2.1. Número de defectos por ladrillo de madera

Tabla 6. Número de defectos simultáneos en los ladrillos de madera.

Variable	Nº de ladrillos	Porcentaje
0 defectos	165	33
1 defecto	130	26
2 defectos	95	19
3 a más defectos	110	22
Total	500	100

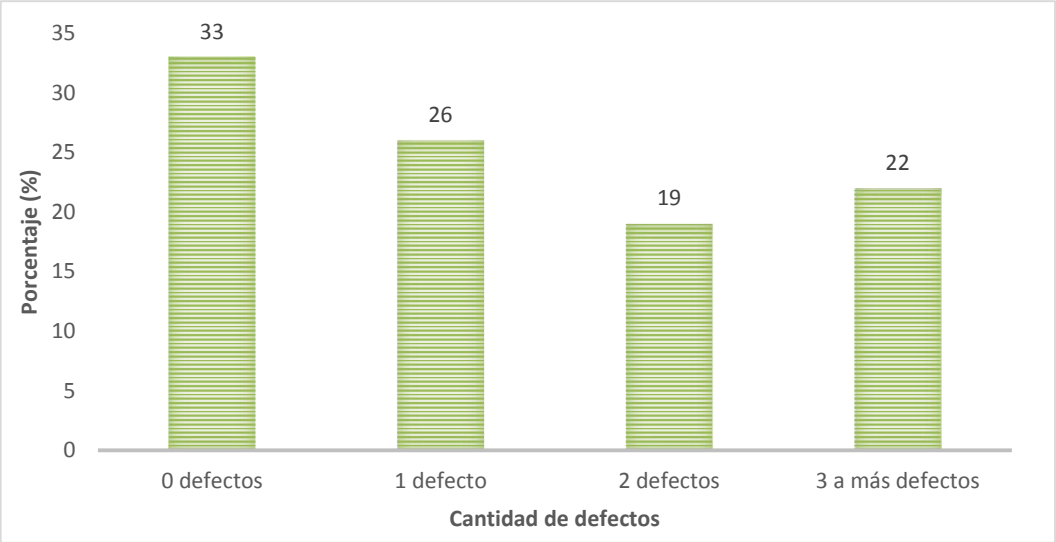


Figura 8. Distribución porcentual del número de defectos en ladrillos de madera.

En la tabla 6 y figura 8, se observan la cantidad de defectos encontrados en los ladrillos de madera, de los cuales existió 165 ladrillos que no tuvieron ningún defecto y que representaron el 33% del total, por otra parte 130 ladrillos presentaron al menos un defecto, conformando el 26% del mismo, seguidamente existieron 95 ladrillos que tuvieron 2 defectos y que representaron el 19%, finalmente 110 ladrillos tuvieron más de 3 defectos y conformaron el 22% del total de ladrillos estudiados. En un estudio similar Montón *et al,* (2011), clasificó visualmente piezas de madera aserrada de pino radiata según la norma española UNE 56544; 150, donde obtuvo un elevado porcentaje de piezas rechazadas (47%) por motivo al defecto de alabeo.

4.2.2. Clasificación de los defectos utilizando el Diagrama de Pareto

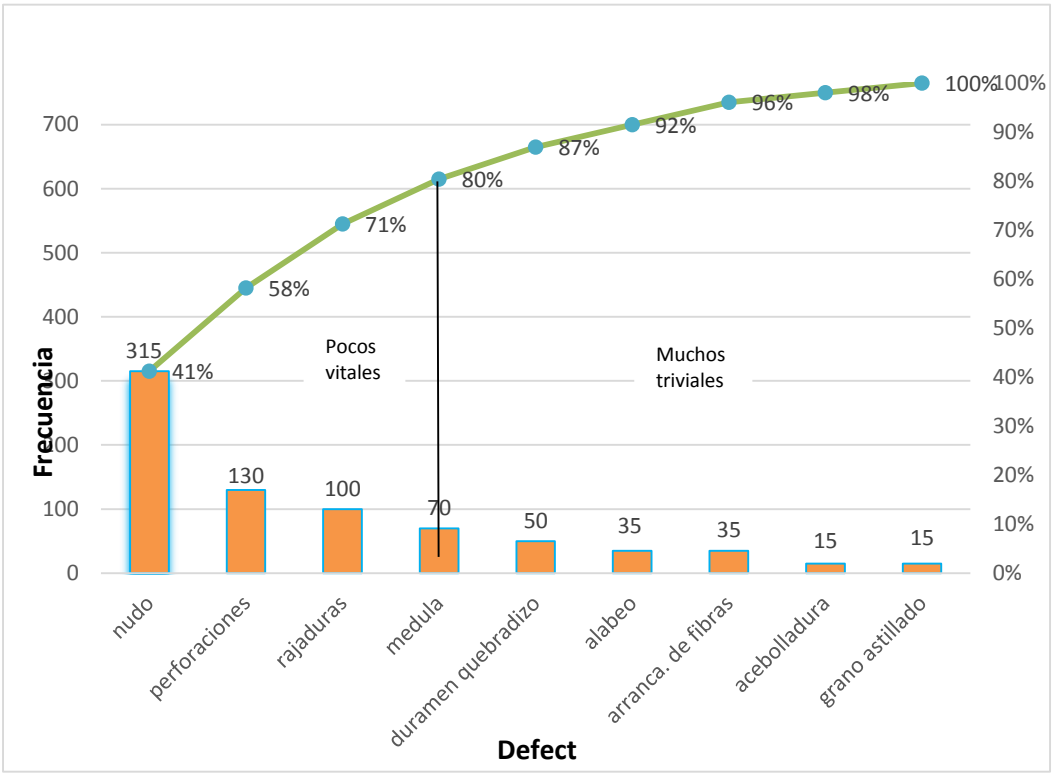


Figura 9. Diagrama de Pareto de defectos en ladrillos de madera de lagarto caspi.

En la figura 9, se observa el diagrama de Pareto, que de acuerdo a la regla 80 – 20 (Ruiz y Rojas, 2009), indican que los defectos pocos vitales corresponden a; nudo, perforaciones, rajaduras y médula, haciendo un total de 20% de participación que supone el 80% de los resultados, mientras que los defectos muchos triviales, corresponden también médula, duramen quebradizo, alabeo, arrancamiento de fibras, acebolladura y grano astillado haciendo un total de 80% de participación que supone al 20% de los resultados. Es importante mencionar que los defectos pocos vitales (nudos, perforaciones, rajaduras y médula) son problemas muy importantes que se tienen que dar soluciones realizando una clasificación antes de la construcción de la edificación para la eliminación de defectos de la materia prima (madera aserrada de la especie), mientras para impedir las perforaciones causadas por agentes biológicos se recomienda, aplicar insecticidas a la madera ya que son eficientes y de bajo costo, para mejorar la calidad y el rendimiento de la madera. Rey y Riesco (2012)

4.3. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS QUE PRESENTAN LOS LADRILLOS DE MADERA MACIZA DE *Calophyllum brasiliense* Cambess (LAGARTO CASPI)

Tabla 7. Características físicas de ladrillos de madera de lagarto caspi.

Ítem	Dimensiones	Unidad	Valor promedio	C V (%)
1	Espesor (canto)	mm	70,0	0,70
2	Ancho (cara)	cm	12,0	1,69
3	Largo	cm	40,0	0,65
4	Volumen	cm^3	3350,0	2,15
4	Ancho ranura	mm	14,0	1,25
5	Profundidad ranura	mm	12,5	2,26
6	Diámetro de orificio	mm	12,5	0,69
7	Profundidad de orificio	mm	16,0	1,88
8	Ancho biselado	mm	12,5	1,85
9	Peso unitario	kg	2,9	10,77

En la tabla 7, se aprecia que los ladrillos de madera, fueron diseñados con un espesor de 70 mm, sin embargo esta dimensión debido a la contracción tangencial y/o radial de la madera, presentó un coeficiente de variación (CV) de 0,70%; de igual manera el ancho fue diseñado con 12 cm, sin embargo presentó un CV de 1,69% como consecuencia de la contracción tangencial y/o radial; finalmente la longitud de los ladrillos de madera fue diseñada con 40 cm, pero a causa de la contracción axial de la madera presentó un CV de 0,65. El volumen de ladrillo de madera fue diseñado para alcanzar un volumen de 3350 cm^3; sin embargo presentó un CV de 2,15% debido a la contracción volumétrica de la madera. Hoffmeyer (1995) explica que las fibras en las maderas no contienen agua libre en los espacios intercelulares y celulares; pero las paredes de las fibras se encuentran saturadas.

Por otra parte, los ladrillos de madera presentan una ranura a lo largo del eje longitudinal en ambas caras tal como se muestra en la figura 2, estas ranuras tienen un ancho de 14 mm con CV de 1,25%, y una profundidad de 12,5 mm, con CV de 2,26%, estas ranuras cumplen la función de unir a los ladrillos verticalmente a través de chiletas (ripas de madera) de 14 mm x 25 mm de sección que sirve como encastramiento vertical, para la construcción de las paredes de ladrillos. Mientras que para el encastramiento horizontal los ladrillos poseen orificios de 12,5 mm de diámetro, con CV de 0,69%, con una profundidad de 16,0 mm, con CV 1,88%, estos orificios se ubican en las cabezas de los ladrillos (figura 10) y se unen con tarugos. Finalmente, la figura 10, muestra el biselado en 8 de sus 12 aristas, con un ancho de 12,5 mm, y un CV de 1,85%.

Tomando en cuenta cada valor de coeficiente de variación (CV) y relación de contracción de las dimensiones del ladrillo, si el C.V es menor o igual al 20%, significa que el promedio es representativo, es decir no afecta al ladrillo y por ende el conjunto de datos es homogéneo, por el contrario, si el C.V superara al 20%, el promedio no sería representativo por lo que resultará heterogéneo. Por lo tanto estos valores de CV son favorables y no afectan a los ladrillos de madera durante el secado y el proceso constructivo por ser una madera pesada y tener una densidad de 0.56 g/cm^3 en lo que respecta a las características tecnológicas, según (CUPROFOR, 1997), ni tampoco sufrirían ningún tipo de alabeo.

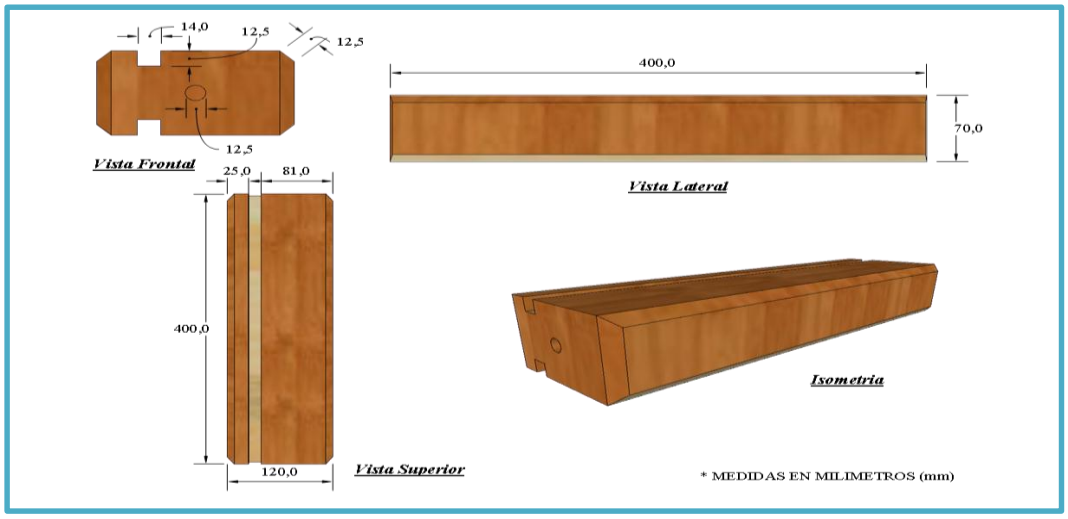


Figura 10. Vistas ortogonales de ladrillo de madera de lagarto caspi.

4.4. DETERMINACIÓN DE LAS PRINCIPALES PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS LADRILLOS DE MADERA *Calophyllum brasiliense* Cambess (LAGARTO CASPI)

4.4.1. Contenido de humedad

Tabla 8. Propiedades físicas de los ladrillos de madera lagarto caspi.

Nº Probeta	C.H inicial (%)	C.H seca al aire (%)	Dens. básica (g/cm^3)	Dens. seca al aire (g/cm^3)
1	122,4	15,4	0,51	0,62
2	112,0	14,9	0,59	0,73
3	100,7	19,6	0,51	0,64
4	113,9	16,9	0,51	0,65
5	124,5	17,4	0,49	0,62
6	102,1	14,7	0,52	0,65
7	126,1	17,1	0,51	0,63
8	120,1	19,3	0,51	0,65
9	109,5	16,5	0,53	0,66
10	115,6	18,0	0,54	0,72
$\overline{X}$	114,7	17,0	0,52	0,66
SD	0,09	0,02	0,03	0,04
C.V %	7,73	10,01	5,42	6,03

En la tabla 8, se presentan las propiedades físicas de los ladrillos de madera de *Calophyllum brasiliense* Cambess (lagarto caspi) en base a 10 probetas estudiadas (2cm x 4cm x 10cm). La tabla demuestra que el contenido humedad seca al aire alcanzó un promedio de 17%, con un CV de 10.01%, este valor es explicado por JUNAC (1989), quien menciona que la madera al ser un material higroscópico, equilibra su contenido de humedad con el medio que lo rodea, en función de la temperatura y humedad relativa. Para el caso de la ciudad de Pucallpa el CITEmadera, (2017), menciona que el contenido de humedad de equilibrio de la madera es de 16%, dato muy similar a lo encontrado.

4.4.2. Densidad básica y seca al aire o de servicio

Los ladrillos de madera presentaron una densidad básica promedio de 0,52 g/cm^3, con un CV de 5.42%, valor que se encuentra ligeramente por debajo de lo mencionado por la Confederación Peruana de la Madera, (2008) y CUPROFOR (1997), quienes mencionan que el lagarto caspi posee una densidad básica de 0,56 g/cm^3, clasificándolo como una madera pesada. Finalmente en la tabla 8, se muestra una densidad seca al aire del 0,66 g/cm^3, con un coeficiente de variación de 6.03% muy posiblemente por el método de secado. Este promedio difiere por lo mencionado por CUPROFOR (1997), quien establece una densidad seca al aire (15,86%) de 0,70 g/cm^3 con un margen de error de 0.06.

4.4.3. Curva de secado ajustado de ladrillos de madera

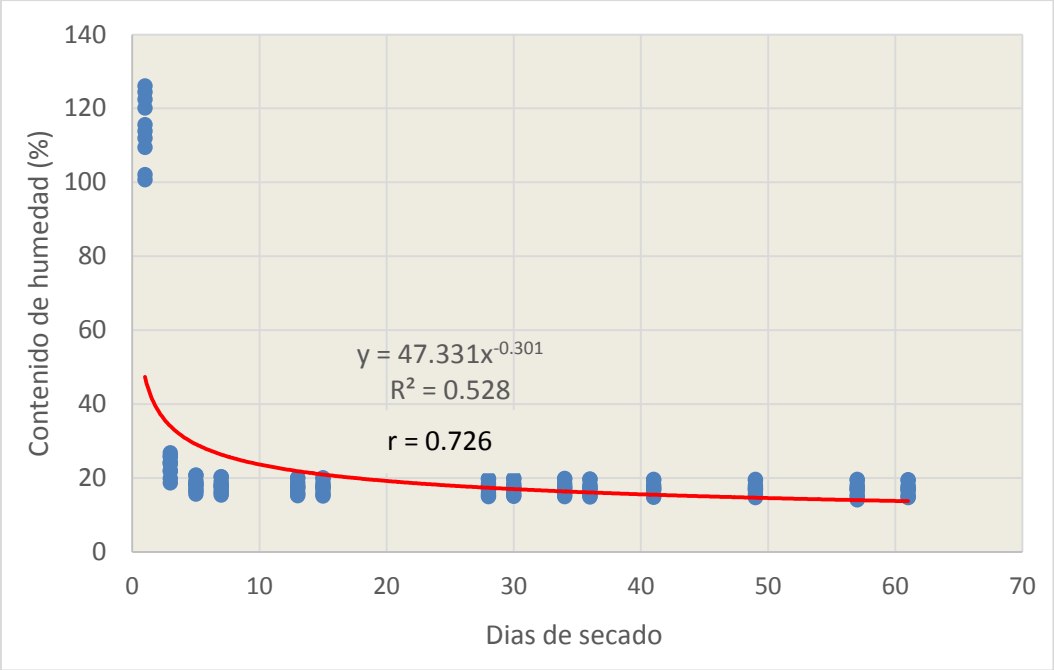


Figura 11. Curva de secado ajustado de ladrillos de madera de lagarto caspi.

En la figura 11, se muestra el comportamiento de secado de 10 ladrillos de madera de lagarto caspi, durante 61 días de evaluación. Se puede observar que los ladrillos iniciaron el secado al aire libre con un contenido de humedad máxima comprendido entre 125% y 100%

respectivamente, para progresivamente ir disminuyendo conforme pasan los días, finalmente a los 61 días, los ladrillos mostraron un contenido seco al aire o en equilibrio con la humedad higroscópica en el rango comprendido entre 19.5% y 14.6%, considerándose madera seca al aire.

Por otro lado, con el análisis de correlación y regresión permitió ajustar la curva de secado de los ladrillos de madera maciza de lagarto caspi, a una ecuación de tipo potencial ($y = 47.331x^{-0.301}$), un coeficiente de correlación altamente significativo ($r = 0.726$) y un coeficiente de determinación de 52.8%, el mismo que indica que el contenido de humedad de los ladrillos de madera maciza depende en un 52.8% depende de los días de secado.

Según Muñoz (2008), indica que las dimensiones de las piezas de madera influyen en la velocidad de secado: El espesor las piezas de menor espesor se secan primero. Por el ancho, es conveniente organizar las piezas de forma tal que queden espacios homogéneos y verticales “chimeneas” en el interior de la pila. Por la longitud, asegurar una restricción mecánica y evitar deformaciones y rajaduras por extremos (alineamiento de separadores), el apilado es más fácil con piezas de la misma longitud, como los ladrillos de madera de 40 cm de longitud, su baja longitud permitió un rápido secado.

Para entender el lento secado Zavala (2000), nos explica que, al aumentar la densidad, los tiempos de secado se incrementan como consecuencia de la mayor resistencia al movimiento del agua hacia el exterior. Este fenómeno se produce porque las maderas densas tienen una estructura anatómica particular y con paredes celulares más gruesas y cavidades (lúmenes) más reducidas que las maderas más ligeras, por lo que ofrecen una mayor resistencia al paso del agua. Por otro lado, el CITEmadera (2014), menciona que el espesor de la madera es otro factor muy importante para la velocidad de secado de la madera, y recomienda no secar espesores mayores a 5 cm, porque no es eficiente. Asimismo, la Confederación Peruana de la madera menciona que el lagarto caspi es una

especie moderadamente difícil de secar al aire, tiene cierta tendencia a alabearse y rajarse; el secado debe ser lento al aire libre.

Mientras que en comparación con otros estudios Umpire (2014), realizó el secado al aire libre de Aguano Masha de 30 mm de espesor (menos de la mitad del ladrillo) con humedad inicial de 55%, determinó un secado al 12% en 1983 horas (2,7 meses). Nuevamente citando a la Confederación Peruana de la madera, mencionan que para la Chimicua (*Pseudolmedia laevis),* se necesitan 105 días (3 meses) para disminuir el contenido de humedad de la madera de 60 al 14%, mientras que para el diablo fuerte, que tiene densidad básica de 0.53 g/cm^3 (lagarto caspi 0,56 g/cm^3) esta se requiere un tiempo de secado al aire de 68 días (2 meses), para disminuir de 81 a 20% de CH; asimismo para el Tamamuri (*Brosimum aubletti*) (0,53 g/cm^3) se demoran 70 días (2,5 meses) para disminuir de 42 a 15% de CH. En especies de baja densidad como la marupa (0,36 g/cm^3), el tiempo de secado al aire libre es de 58 días (2 meses) de 49 al 20% de CH.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

1. Presentaron defectos de origen anatómico con nudos el 39% de ladrillos, con médula el 11% y acebolladura el 2%; los defectos biológicos el 4% con perforaciones grandes, y el 13% perforaciones pequeñas; los defectos de secado el 5% con alabeos, el 7% duramen quebradizo y el 13% rajaduras; los defectos de maquinado con el 5% de arrancamiento de fibras y el 2% con grano astillado.

2. El 33% de los ladrillos no tuvieron defecto; el 26% presentaron un defecto, el 19% 2 defectos, el 22% de 3 a más defectos.

3. Los defectos pocos vitales correspondieron a nudo, perforaciones, rajaduras y médula; los muchos triviales también a médula, duramen quebradizo, alabeo, arrancamiento de fibras, acebolladura y grano astillado.

4. Los ladrillos tienen peso promedio de 2,9 kg; espesor de 70 mm; ancho de 12 cm; longitud de 40 cm; volumen de 3350 cm^3; ranura con un ancho de 14,0 mm y profundidad de 12,5 mm; orificios de 12,5 mm de diámetro con profundidad de 16 mm, biselado en 8 de sus 12 aristas con un ancho de 12,5 mm.

5. Los ladrillos de madera tienen un contenido de humedad de 17% en cuanto a densidad; un 0,52 g/cm^3 para densidad básica y 0,66 g/cm^3 para densidad seca al aire; un contenido de humedad máxima y mínima de 125 – 100%; un contenido seco al aire o en equilibrio con la humedad higroscópica entre 19.5% y 14.6% considerándose madera seca al aire.

5.2. RECOMENDACIONES

1. Para evitar defecto de grano astillado, se recomienda tener siempre presente la dirección del grano.

2. Realizar una clasificación previa de la materia prima, a fin de evitar trabajar madera con defectos, de tipo anatómico o biológico.

3. Realizar un correcto almacenamiento de los ladrillos de madera, permitiendo el paso del aire, bajo techo, a fin de acelerar el secado de los ladrillos al aire libre.

4. Preservar los ladrillos de madera para evitar defectos de tipo biológicos.

5. Para evitar los defectos en la madera, es recomendable recibir unos tratamientos especiales antes de ser utilizada y asegurar su mayor duración.

6. Medir la contracción volumétrica de la madera en futuros trabajos.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Barreto Del Castillo, W. E. (2014). *Manual de construcción de viviendas de madera.* Lima: Cartolan Editores.

Blue, M. (2014). Métodos de Secado de Madera. *Montebluesrl.com*.

Canalda, J. C. (22 de Diciembre de 1999). *Ciencia.* Recuperado el 21 de Abril de 2018, de Densidad: https://www.ciencia-ficcion.com/glosario/d/densidad.htm

CATIE. (2000). *Calophyllum brasiliens Camb.* Costa Rica: Revista Forestal Centroamericana. Obtenido de Calophyllum brasiliense Camb.

Chan Martín, M.; Araujo Molina, O.; Azueta García, M. (2002). *Los defectos naturales en la madera aserrada.* Ingeniería.

Chile, I. F. (1973). *Contracción colapso y juego de maderas Chilenas.* Chile: Instituto Foresta.

CITEmadera. (2014). *Técnicas de secado de la madera.* Lima: CITEmadera.

CITEmadera. (2017). *Manual para Operadores de Secadores Convencionales para madera.* Lima: CITEmadera-GIZ.

Confederación Peruana de la Madera. (2008). *Compendio de información técnica de 32 especies forestales. Tomo I.* Lima: Reimpresión realizada con el apoyo del Centro de Innovación Tecnológica de la Madera-CITEmadera/Ministerio de la Producción.

Construcción, M. Y. (20 de Noviembre de 2014). *Madera y Construcción*. Recuperado el 20 de Abril de 2018, de Ladrillos de madera, última tendencia en construcción: http://maderayconstruccion.com.ar/ladrillos-de-madera-ultima-tendencia-en-construccion/

CORFONE. (2015). *Corporación Forestal Neuquina*. Recuperado el 21 de Abril de 2018, de Bloques de madera encastrada:

http://www.corfonesa.com.ar/productos-para-la-venta/madereros/73-ladrillos-de-madera.html

CUPROFOR. (1997). *Santa María Calophyllum brasiliense Camb.* Honduras: PROINEI-OIMT.

Dovetail Patagonia, B. (7 de Junio de 2017). *Madera21.* Recuperado el 19 de Abril de 2018, de Ladrillos de madera: http://www.madera21.cl/?p=8187

FAO. (2012). *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.* Recuperado el 21 de Abril de 2018, de Guía para la aplicación de normas fitosanitarias en el sector forestal: http://www.fao.org/docrep/015/i2080s/i2080s.pdf

FAO. (2014). El estado de los bosques del mundo: potenciar los beneficios socio-económicos de los bosques. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*, 146.

FAO. (2015). Evaluación de los recursos forestales mundiales 2015. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*, 36-253.

Fernández Ibañez, C. (2001). *Grupos Unican.* Recuperado el 21 de Abril de 2018, de La madera: Composición, alteraciones y restauración: https://grupos.unican.es/acanto/aep/bolpas/la_madera_BMVP-2001.htm

Fernández Ibañez, C. (2001). *La madera: Composición, Alteraciones y Restauración.* Boletín del Museo de las Villas.

Glez, A. (2011). *Departamento de Tecnología.* Recuperado el 21 de Abril de 2018, de Estructuras: https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2011/10/estructuras-revisic3b3n-2012.pdf

González Soto, A. (2017). *Control de calidad de madera en pie y madera aserrada para el mercado de construcción del Grupo Empresarial el Almendro.* Costa Rica: Universidad Nacional.

GOREU. (2007). *Diagnóstico socio-económico del Departamento de Ucayali.* Pucallpa: Gobierno Regional de Ucayali.

Hernández Paz, M. (1999). *Santa María Calophyllum brasiliense Camd.* Honduras: ESNACIFOR.

Hoffmeyer, P. (1995). Centrum Hout, the Netherlandas. *Revista Madeira*, 1 (21).

Interián, V.; Amparo Borja, M.; Valdez Hernández, J., García Moya, E., Romero Manzanares, A.; Vaquera Huerta, H. (2011). *Características anatómicas y propiedades físicas de la madera de Caesalpinia gaumeri Greenm en Dran, Yucatán.* Mexico: Madera bosques.

ITTO. (2018). *La Organización Internacional de las Maderas Tropicales*. Obtenido de *Calophyllum brasiliense:* http://www.tropicaltimber.info/es/specie/santa-maria-calophyllum-brasiliense/

Jimeno Guadalix, I. (2015). *Rehabilitación de edificios con estructura de madera: una primera aproximación a la diagnosis.* E.T.S. Arquitectura (UPM).

JUNAC. (1989). *Manual del Grupo Andino para el Secado de Maderas.* Lima: Carvajal S.A.

Londoño Arango, A. (23 de Enero de 2018). *Almamater.* Recuperado el 20 de Abril de 2018, de Defectos en la madera y estándares de calidad para la venta de madera: http://www.almamater.edu.co/Memorias.PDF/3.Defectos.de.Madera_Alberto.Londono_UT.pdf

Mamani Cumpa, J. (2015). *Caracterización macroscópica y microscópica de especies maderables en cuatro aserraderos de Tambopata - Madre de Dios.* Cusco: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

Montón, J.; Arriaga, F.; Avellaneda, J.; Iniguez González, G.; Farras, J.; Plensa, R. (2011). *Clasificación visual estructural de la madera de pino radiata procedente de Cataliña.* España: CIMAD 11.

Morris Carreño, J. (12 de Febrero de 2008). *Asomavalle.* Recuperado el 20 de Abril de 2018, de Secado de la madera: http://asomavalle.org/wp-content/uploads/2011/06/Secado-Cali-Feb-2008.pdf

Muñoz Costa, F. (2018). Solución Tecnológica: Madera Para construcción y Secado de la Madera. *Kurú: Revista Forestal*, 5 (13).

Nuñez, C. E. (2005). *Anillos anuales y de crecimiento.* Argentina: Programa de Investigación de Celulosa y Papel.

Ordoñez García, P.; Lugo Chávez, Y. K. (2016). *Estructuras de madera aplicadas al sector de la construcción en el Perú.* Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Osorio Giraldo, R. D. (19 de Enero de 2015). *Universidad de Anioquia.* Recuperado el 21 de Abril de 2018, de Propiedades físicas y químicas: http://aprendeenlinea.udea.edu.co/lms/ocw/mod/page/view.php?id=226

Pablo. (20 de novienbre de 2014). *Ladrillos de madera última tendencia en construcción*. Obtenido de http://maderayconstruccion.com.ar/ladrillos-de-madera-ultima-tendencia-en-construccion/.

Pacheco Rivas, I. (22 de Septiembre de 2016). *Abouthaus.* Recuperado el 19 de Abril de 2018, de 10 Grandes ventajas de construir una casa de madera: https://about-haus.com/construir-una-casa-de-madera/

Perez Flores, W. M. (2017). *Rendimiento de la madera aserrada comercial de Calophyllum brasiliense* Camb. *(Lagarto caspi) en la fabricación de ladrillos de madera maciza y otros elementos estructurales.* Pucallpa: Universidad Nacional de Ucayali.

Perez, P.; Anamias, R.; Hernández, G. (2007). *Estudio experimental del secado de renovales de canelo Drimys winteri.* Concepción: Maderas, Ciencia y Tecnología.

Rey Prieto, A.; Riesco Muñoz, G. (2012). *Influencia del azulado (mancha azul) en la densidad y estabilidad dimensional de la madera de Pinus sylvestris* Concepción: Maderas, Ciencia y Tecnología.

Ríos Torres, M. (2005). *Madera aserrada: clasificación visual por grados de calidad.* Lima: Informe Final de consultoría Contrato N° 017/2004/BID 1442/CI/PC.

Riquelme, J. (2018). *SCRIBD.* Recuperado el 2 de Mayo de 2018, de Diagrama de Pareto: https://es.scribd.com/document/311119474/2-1-Diagrama-Pareto-pdf

Riva, R. (2007). *Análisis del rendimiento de la madera Copaiba (Copaifera officinalis) en las operaciones de aserrío en la zona de Pucallpa.* Lima: Universidad Agraria la Molina.

Rodríguez, R. A. (2004). *Clasificación estructural de la especie forestal Manchinga "Brosimun alicastrum".* Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.

Ruiz, A.; Rojas, F. (2009). *Herramientas de calidad.* Madrid: Universidad Pontífica.

SATUS, C. D. (24 de Agosto de 2016). *La importancia de la madera en la construcción*. Recuperado el 19 de Abril de 2018, de http://www.casasdemadera-satus.es/importancia-madera-en-construccion/

Sostenibles, M. (2008). *Madera Preciosa Santa María (Calophyllum brasiliense)*. Recuperado el 20 de Abril de 2018, de http://maderassostenibles.com/esp/hardwood_timber_products/santa-maria.shtml

Spichiger, O. A. (2004). *Aprovechamiento en el aserado de Sequoia (Sequoia sempervirens) y clasificación de la madera obtenida.* Chile: Universidad de Chile.

Taminche Alvarado, V. (2011). *Rendimiento y costo de la producción de bloques de madera dura para frisas en tres comunidades nativas de la zona del río Algodón, río Putumayo, Perú.* Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.

Ucha, F. (15 de Noviembre de 2012). *Florencia Ucha*. Recuperado el 21 de Abril de 2018, de Definición ABC:

https://www.definicionabc.com/negocios/calidad-total.php

Umpire, C. C. (2014). *Diseño y construcción de horno solar para secado de madera.* Cusco: Universidad Nacional de San Antonio de Abad.

Vignote Peña, S.; Martínez Rojas, I. (2017). *Madera aserrada: defectos y alteraciones.*

Villena Mavila, M. F. (2010). *Evaluación y alternativas del empleo de madera para edificaciones de selva baja, Pucallpa - Peru.* Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.

Wikipedia. (26 de Agosto de 2017). *Wikipedia*. Recuperado el 21 de Abril de 2018, de Defecto: https://es.wikipedia.org/wiki/Defecto

Wikipedia. (4 de Marzo de 2018). *Wikipedia.* Recuperado el 21 de Abril de 2018, de Tecnología de materiales:

https://es.wikipedia.org/wiki/Tecnolog%C3%ADa_de_materiales

Wikipedia. (14 de Abril de 2018). *Wikipedia.* Recuperado el 21 de Abril de 2018, de Evaluación: https://es.wikipedia.org/wiki/Evaluaci%C3%B3n

Zavala, D. (2000). *Secado de maderas tropicales en estufas convencionales. Madera y Bosques.* SAGAR - México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias.

ANEXOS

ANEXO 1

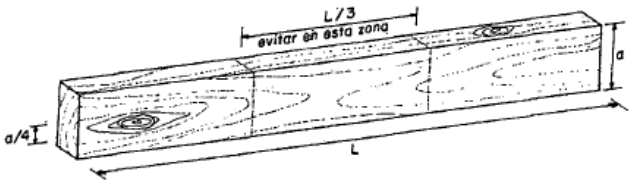
METODOLOGÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN VISUAL DE LOS DEFECTOS EN LOS LADRILLOS DE MADERA DE LAGARTO CASPI

1. DEFECTOS ANATÓMICOS

1.1. Nudos

Es el área de tejido leñoso, resultante del rastro dejado por el desarrollo de una rama, cuyas características organolépticas y propiedades son diferentes a la madera circundante. Se consideran:

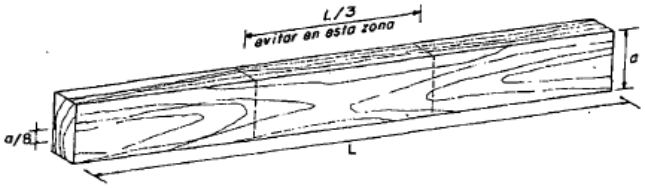
a) Nudo sano



Reconocimiento.

Es la porción de rama entrecruzada con el resto de la madera y que no se soltará o aflojará durante el proceso de secado y uso. No presenta deterioro ni pudrición.

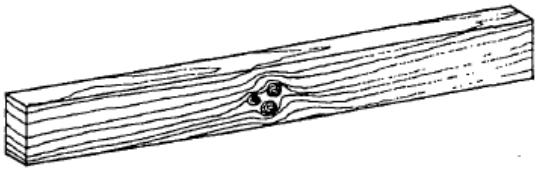
b) Nudo hueco



Reconocimiento

Son los espacios huecos dejados por los nudos al desprenderse de la madera. A los nudos sueltos o con deterioro se les debe considerar como nudos huecos.

c) Nudos arracimados

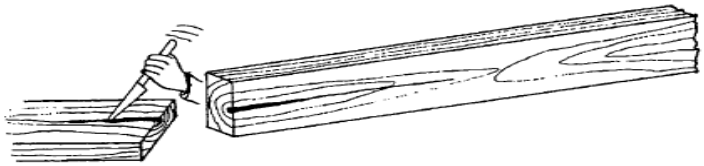


Reconocimiento

Se observan con el agrupamiento de dos o más nudos desviando notoriamente la dirección de las fibras que lo rodean.

1.2. Médula

Es la parte central del duramen constituida esencialmente por parénquima, tejido generalmente blando o células muertas.



Reconocimiento

Es la pequeña zona de tejido esponjoso situada en el centro del duramen. Es susceptible al ataque de hongos e insectos.

1.3. Acebolladura

Es la separación del leño entre dos anillos de crecimiento consecutivos.



Reconocimiento

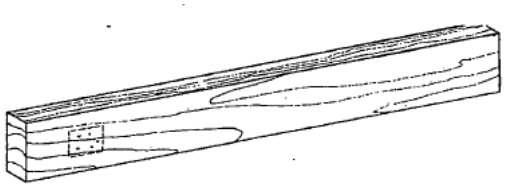
Se observan como escamas superficiales en las caras tangenciales de una pieza de madera.

2. DEFECTOS BIOLÓGICOS

2.1. Perforaciones

Son agujeros o galerías causadas por el ataque de insectos o larvas. Se consideran:

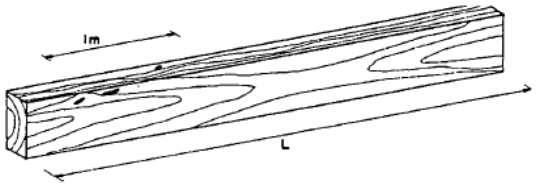
a) Perforaciones pequeñas



Reconocimiento

Son agujeros con diámetros iguales o menores a 3 mm producidos por insectos de tipo Ambrosia. Insectos tipo Lyctus no se aceptan.

b) Perforaciones grandes



Reconocimiento

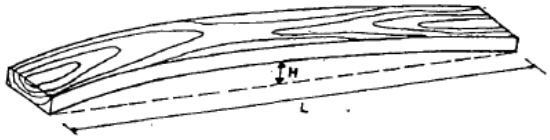
Son agujeros con diámetros mayores de 3 mm producidos por insectos o larvas perforadoras tipo "brocas de los domicilios", Bostrychidae.

3. DEFECTOS DE SECADO

3.1. Alabeos

a) Arqueadura

Es el alabeo o curvatura a lo largo de la cara de la pieza.

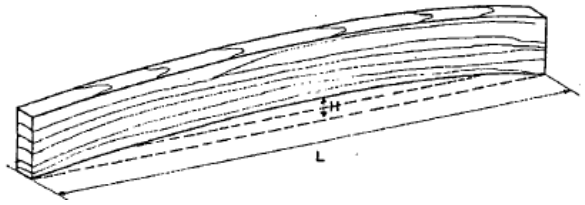


Reconocimiento

Al colocar la pieza sobre una superficie plana se observará una luz o separación entre la cara de la pieza de madera y la superficie de apoyo.

b) Encorvadura

Es el alabeo o curvatura a lo largo del canto de la pieza

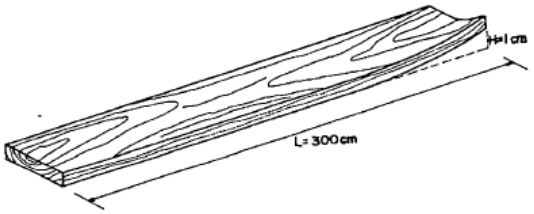


Reconocimiento

Al colocar la pieza sobre una superficie plana se observará una luz o separación entre el canto de la pieza de madera y la superficie de apoyo. Se ubicará el lugar de mayor distanciamiento para ser medido.

c) Torcedura

Es el alabeo que se presenta cuando las esquinas de una pieza de madera no se encuentran en el mismo plano.



Reconocimiento

Al colocar la pieza sobre una superficie plana se observará el levantamiento de una o más aristas en diferentes direcciones.

3.2. Duramen quebradizo

Es la parte más interior del leño, generalmente de color más oscuro y de mayor durabilidad que la albura, aunque no está siempre nítidamente

diferenciado de ella. Constituye normalmente la mayor proporción del centro del tronco.

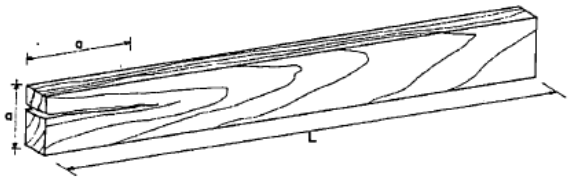


Reconocimiento

Porción de madera en una zona de aprox. 10 cm de diámetro adyacente a la médula caracterizada por una fragilidad anormal. Se presenta en forma de grietas de media luna. Es más frecuente en árboles viejos y puede presentar deterioro.

3.3. Rajaduras

Son separaciones naturales entre los elementos de la madera que se extienden en la dirección del eje de la pieza y afectan totalmente su espesor, o dos puntos opuestos de una madera rolliza.

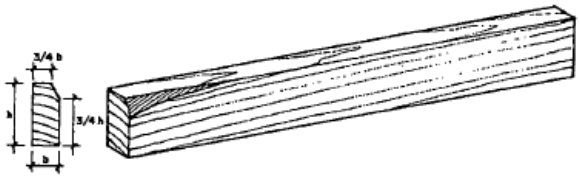


Reconocimiento

Se observan como separaciones del tejido leñoso en la dirección del grano.

4. DEFECTOS DE MAQUINADO

4.1. Despunte

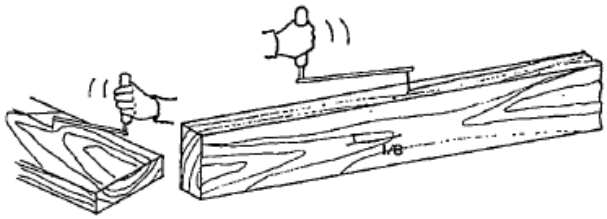


Reconocimiento

Es la falta de madera en una o más aristas de la pieza.

4.2. Grano inclinado

Es la desviación angular de las fibras de la madera en relación al eje longitudinal de la pieza.



Reconocimiento

Es la desviación angular que presenta el grano con respecto al eje longitudinal de la pieza. Es necesario hacer uso repetido del detector del grano sobre las caras y cantos de la pieza.

Fuente: (Rodríguez, 2004).

ANEXO 2

REGISTRO DE MAGNITUDES DE LADRILLOS DE MADERA DE LAGARTO CASPI

Nº Ladrillo	Espesor (mm)	Ancho (cm)	Largo (cm)	Volumen (cm^3)	Ancho ranura (mm)	Profundidad de ranura (mm)	Diámetro de orificio (mm)	Profundidad de orificio (mm)	Ancho de biselado (mm)	Peso húmedo (kg)
1	70,0	11,7	40,0	3262,0	14,1	12,3	12,7	15,7	12,1	2,705
2	69,0	11,6	40,5	3236,0	14,0	12,7	12,7	16,2	12,2	2,620
3	70,0	12,1	40,0	3376,8	14,1	12,4	12,6	15,3	12,3	3,305
4	69,5	12,1	40,5	3417,1	14,0	12,8	12,7	16,1	12,5	2,775
5	69,5	11,8	40,0	3272,5	13,9	12,7	12,6	16,1	12,3	3,295
6	70,5	11,9	40,5	3389,2	13,9	12,1	12,7	15,8	12,5	3,380
7	70,0	12,2	40,0	3410,4	14,0	12,0	12,8	16,1	12,6	2,875
8	70,5	12,0	40,5	3437,7	13,7	12,2	12,8	15,9	12,7	2,450
9	69,5	11,9	40,0	3319,3	13,6	12,2	12,8	15,8	12,3	2,860
10	69,5	12,0	40,5	3377,7	14,0	12,5	12,5	16,1	12,7	3,035
Promedio	69,8	11,9	40,3	3349,9	13,9	12,4	12,7	15,9	12,4	2,9
D.S	0,49	0,20	0,26	71,92	0,17	0,28	0,09	0,30	0,23	0,32
C.V	0,70%	1,69%	0,65%	2,15%	1,25%	2,26%	0,69%	1,88%	1,85%	10,77%

ANEXO 3

REGISTRO DE VARIACIÓN DE PESOS (KG) DE LADRILLOS DE MADERA DE LAGARTO CASPI

Nº Ladrillo	Día 1	Día 3	Día 5	Día 7	Día 13	Día 15	Día 28	Día 30	Día 34	Día 36	Día 41	Día 49	Día 57	Día 61	Día 70
1	2,705	2,660	2,570	2,510	2,395	2,365	2,225	2,205	2,170	2,170	2,110	2,070	2,045	2,030	1,000
2	2,620	2,575	2,485	2,440	2,345	2,320	2,205	2,185	2,155	2,150	2,090	2,060	2,030	2,015	0,915
3	3,305	3,240	3,145	3,080	2,945	2,915	2,735	2,705	2,650	2,640	2,540	2,475	2,420	2,390	1,130
4	2,775	2,745	2,675	2,625	2,520	2,490	2,340	2,315	2,265	2,255	2,170	2,110	2,070	2,045	0,950
5	3,295	3,210	3,085	2,975	2,740	2,680	2,370	2,320	2,230	2,205	2,075	1,960	1,870	1,815	0,755
6	3,380	3,305	3,170	3,075	2,875	2,820	2,545	2,500	2,410	2,385	2,255	2,160	2,090	2,060	1,000
7	2,875	2,825	2,750	2,700	2,585	2,555	2,395	2,365	2,305	2,285	2,190	2,130	2,090	2,070	0,905
8	2,450	2,405	2,330	2,295	2,200	2,175	2,035	2,015	1,960	1,950	1,870	1,825	1,795	1,780	0,810
9	2,860	2,790	2,710	2,650	2,520	2,490	2,325	2,300	2,245	2,230	2,160	2,120	2,085	2,065	0,925
10	3,035	2,955	2,870	2,800	2,655	2,620	2,425	2,390	2,310	2,290	2,200	2,130	2,075	2,040	1,025
Promedio	**2,930**	**2,871**	**2,779**	**2,715**	**2,578**	**2,543**	**2,360**	**2,330**	**2,270**	**2,256**	**2,166**	**2,104**	**2,057**	**2,031**	**0,942**
S.D	**0,32**	**0,30**	**0,29**	**0,27**	**0,23**	**0,23**	**0,19**	**0,19**	**0,18**	**0,18**	**0,17**	**0,16**	**0,16**	**0,16**	**0,11**
C.V (%)	**10,77**	**10,52**	**10,30**	**9,85**	**9,07**	**8,91**	**8,11**	**7,98**	**7,89**	**7,84**	**7,76**	**7,83**	**7,93**	**8,08**	**11,41**

ANEXO 4

REGISTRO DE LA VARIACIÓN DE MAGNITUDES DE PROBETAS DE LAGARTO CASPI

Nº Probeta	Día 1 (31-05-16)					Día 2 (01-06-16)					Día 3 (02-06-16)				
	Peso	l	a	e	Vol.	Peso	l	a	e	Vol.	Peso	l	a	e	Vol.
1	101,170	10,220	4,895	1,800	90,048	56,550	10,219	4,849	1,782	88,302	53,115	10,217	4,774	1,773	86,480
2	114,159	10,122	4,893	1,836	90,931	66,661	10,119	4,879	1,824	90,052	62,690	10,108	4,845	1,794	87,858
3	92,376	10,222	4,893	1,805	90,279	57,911	10,208	4,876	1,795	89,345	55,577	10,230	4,837	1,775	87,831
4	100,986	10,276	4,935	1,809	91,738	59,428	10,275	4,858	1,786	89,150	55,850	10,275	4,807	1,761	86,979
5	103,107	10,189	4,845	1,896	93,597	56,973	10,194	4,815	1,840	90,315	54,495	10,193	4,765	1,824	88,591
6	96,489	10,222	4,848	1,865	92,422	56,660	10,218	4,762	1,814	88,266	55,223	10,217	4,707	1,771	85,170
7	106,092	10,157	4,834	1,889	92,748	57,280	10,147	4,763	1,834	88,638	55,442	10,143	4,710	1,841	87,951
8	102,437	10,077	4,821	1,878	91,236	59,025	10,074	4,794	1,851	89,394	56,180	10,076	4,751	1,827	87,460
9	101,423	10,221	4,725	1,904	91,952	58,033	10,210	4,669	1,848	88,095	56,912	10,193	4,627	1,843	86,921
10	107,976	10,202	4,896	1,854	92,605	60,975	10,185	4,740	1,755	84,726	59,740	10,182	4,748	1,743	84,264
Prom.	**102,622**	**10,191**	**4,859**	**1,854**	**91,756**	**58,950**	**10,185**	**4,801**	**1,813**	**88,628**	**56,522**	**10,183**	**4,757**	**1,795**	**86,951**
S.D	**5,990**	**0,058**	**0,059**	**0,039**	**1,137**	**3,044**	**0,057**	**0,068**	**0,032**	**1,563**	**2,761**	**0,059**	**0,066**	**0,036**	**1,340**
C.V (%)	**0,058**	**0,006**	**0,012**	**0,021**	**0,012**	**0,052**	**0,006**	**0,014**	**0,018**	**0,018**	**0,049**	**0,006**	**0,014**	**0,020**	**0,015**

Nº Probeta	Día 4 (03-06-16)					Día 7 (06-06-16)					Día 9 (08-06-16)				
	Peso	**l**	**a**	**e**	**Vol.**	**Peso**	**l**	**a**	**e**	**Vol.**	**Peso**	**l**	**a**	**e**	**Vol.**
1	52,934	10,215	4,782	1,770	86,461	52,775	10,221	4,785	1,763	86,224	52,776	10,221	4,766	1,763	85,882
2	62,388	10,106	4,829	1,792	87,453	62,208	10,093	4,813	1,788	86,857	62,169	10,091	4,824	1,785	86,892
3	55,390	10,205	4,826	1,770	87,171	55,269	10,208	4,818	1,769	87,003	55,248	10,214	4,821	1,770	87,158
4	55,612	10,270	4,793	1,763	86,782	55,471	10,269	4,789	1,760	86,554	55,452	10,270	4,799	1,755	86,496
5	54,328	10,192	4,765	1,825	88,631	54,242	10,184	4,764	1,834	88,979	54,207	10,183	4,764	1,827	88,631
6	55,099	10,214	4,701	1,771	85,036	55,003	10,209	4,698	1,772	84,988	54,978	10,206	4,700	1,773	85,048
7	55,304	10,155	4,709	1,850	88,467	55,189	10,145	4,697	1,827	87,058	55,180	10,141	4,704	1,831	87,345
8	55,970	10,065	4,745	1,841	87,923	55,824	10,068	4,723	1,827	86,876	55,794	10,064	4,733	1,825	86,930
9	56,800	10,196	4,621	1,641	77,317	56,692	10,205	4,638	1,838	86,994	56,658	10,212	4,630	1,839	86,951
10	59,608	10,180	4,757	1,753	84,891	59,497	10,191	4,714	1,740	83,590	59,442	10,182	4,734	1,444	69,603
Prom.	**56,343**	**10,180**	**4,753**	**1,778**	**86,013**	**56,217**	**10,179**	**4,744**	**1,792**	**86,512**	**56,190**	**10,178**	**4,748**	**1,761**	**85,094**
S.D	**2,735**	**0,059**	**0,063**	**0,059**	**3,309**	**2,724**	**0,061**	**0,059**	**0,036**	**1,416**	**2,712**	**0,063**	**0,060**	**0,116**	**5,522**
C.V (%)	**0,049**	**0,006**	**0,013**	**0,033**	**0,038**	**0,048**	**0,006**	**0,012**	**0,020**	**0,016**	**0,048**	**0,006**	**0,013**	**0,066**	**0,065**

Nº Probeta	Día 14 (13-06-16)					Día 21 (20-06-16)					Día 29 (28-06-16)				
	Peso	l	a	e	Vol.	Peso	l	a	e	Vol.	Peso	l	a	e	Vol.
1	52,659	10,215	4,760	1,762	85,674	52,705	10,216	4,753	1,762	85,557	52,660	10,216	4,744	1,762	85,395
2	62,049	10,102	4,786	1,782	86,156	62,092	10,094	4,718	1,782	84,865	62,058	10,094	4,731	1,785	85,242
3	55,146	10,202	4,816	1,767	86,818	55,193	10,194	4,805	1,767	86,551	55,179	10,192	4,807	1,767	86,571
4	55,345	10,268	4,792	1,757	86,452	55,394	10,255	4,775	1,759	86,134	55,380	10,258	4,767	1,754	85,770
5	54,105	10,186	4,750	1,825	88,300	54,137	10,168	4,741	1,824	87,929	54,120	10,170	4,737	1,825	87,920
6	54,885	10,208	4,729	1,768	85,348	54,908	10,197	4,697	1,775	85,014	54,896	10,207	4,696	1,772	84,936
7	55,066	10,143	4,699	1,826	87,031	55,099	10,131	4,692	1,826	86,798	55,090	10,136	4,694	1,829	87,021
8	55,697	10,072	4,736	1,836	87,579	55,727	10,055	4,711	1,837	87,017	55,715	10,060	4,694	1,827	86,274
9	56,565	10,199	4,643	1,838	87,037	56,601	10,170	4,628	1,830	86,132	56,598	10,167	4,625	1,839	86,474
10	59,328	10,176	4,729	1,740	83,733	59,347	10,159	4,681	1,741	82,792	59,348	10,159	4,676	1,738	82,561
Prom.	**56,085**	**10,177**	**4,744**	**1,790**	**86,413**	**56,120**	**10,164**	**4,720**	**1,790**	**85,879**	**56,104**	**10,166**	**4,717**	**1,790**	**85,816**
S.D	**2,709**	**0,057**	**0,050**	**0,037**	**1,282**	**2,707**	**0,059**	**0,051**	**0,035**	**1,427**	**2,709**	**0,058**	**0,051**	**0,037**	**1,452**
C.V (%)	**0,048**	**0,006**	**0,010**	**0,021**	**0,015**	**0,048**	**0,006**	**0,011**	**0,020**	**0,017**	**0,048**	**0,006**	**0,011**	**0,021**	**0,017**

Nº Probeta	Día 35 (04-07-16)					Día 43 (12-07-16)					Día 51 (20-07-16)				
	Peso	**l**	**a**	**e**	**Vol.**	**Peso**	**l**	**a**	**e**	**Vol.**	**Peso**	**l**	**a**	**e**	**Vol.**
1	52,575	10,207	4,745	1,765	85,483	52,527	10,212	4,743	1,756	85,053	52,508	10,204	4,741	1,751	84,708
2	61,980	10,091	4,690	1,781	84,289	61,922	10,088	4,707	1,784	84,712	61,882	10,091	4,696	1,776	84,160
3	55,113	10,183	4,793	1,765	86,145	55,082	10,194	4,793	1,759	85,944	55,055	10,195	4,785	1,762	85,956
4	55,305	10,250	4,764	1,743	85,112	55,272	10,255	4,768	1,744	85,274	55,246	10,260	4,757	1,741	84,973
5	54,043	10,161	4,731	1,823	87,635	54,006	10,169	4,736	1,818	87,556	53,988	10,168	4,727	1,820	87,477
6	54,825	10,205	4,692	1,780	85,230	54,787	10,205	4,693	1,772	84,865	54,746	10,200	4,689	1,767	84,512
7	55,012	10,119	4,686	1,825	86,537	54,973	10,132	4,677	1,828	86,624	54,935	10,130	4,682	1,822	86,415
8	55,647	10,048	4,703	1,829	86,431	55,602	10,052	4,705	1,823	86,218	55,564	10,055	4,693	1,821	85,930
9	56,514	10,144	4,619	1,823	85,417	56,468	10,163	4,621	1,829	85,896	56,445	10,157	4,610	1,805	84,517
10	59,228	10,157	4,668	1,738	82,404	59,174	10,166	4,674	1,724	81,917	59,135	10,152	4,658	1,725	81,572
Prom.	**56,024**	**10,157**	**4,709**	**1,787**	**85,468**	**55,981**	**10,164**	**4,712**	**1,784**	**85,406**	**55,950**	**10,161**	**4,704**	**1,779**	**85,022**
S.D	**2,703**	**0,060**	**0,050**	**0,035**	**1,422**	**2,697**	**0,060**	**0,050**	**0,039**	**1,505**	**2,692**	**0,059**	**0,051**	**0,036**	**1,596**
C.V (%)	**0,048**	**0,006**	**0,011**	**0,020**	**0,017**	**0,048**	**0,006**	**0,011**	**0,022**	**0,018**	**0,048**	**0,006**	**0,011**	**0,020**	**0,019**

Nº Probeta	Día 55 (25-07-16)					Día 63 (02-08-16) (Equilibrio con el medio)					Día 66 (05-08-16)				
	Peso	**l**	**a**	**e**	**Vol.**	**Peso**	**l**	**a**	**e**	**Vol.**	**Peso**	**l**	**a**	**e**	**vol**
1	52,481	10,216	4,741	1,753	84,905	52,482	10,204	4,748	1,757	85,124	45,482	10,200	4,558	1,659	77,130
2	61,870	10,095	4,714	1,782	84,802	61,843	10,087	4,693	1,779	84,215	53,843	10,079	4,596	1,676	77,637
3	55,047	10,190	4,792	1,763	86,088	55,032	10,192	4,796	1,763	86,177	46,032	10,185	4,658	1,629	77,283
4	55,236	10,256	4,769	1,748	85,496	55,211	10,259	4,768	1,744	85,308	47,221	10,246	4,659	1,666	79,528
5	53,963	10,163	4,729	1,824	87,663	53,931	10,163	4,724	1,818	87,282	45,931	10,160	4,666	1,757	83,293
6	54,474	10,206	4,686	1,768	84,555	54,743	10,192	4,690	1,767	84,463	47,743	10,186	4,574	1,685	78,505
7	54,932	10,136	4,683	1,826	86,675	54,914	10,131	4,681	1,825	86,547	46,914	10,129	4,525	1,795	82,272
8	55,563	10,056	4,692	1,827	86,203	55,533	10,052	4,702	1,815	85,785	46,533	10,015	4,635	1,774	82,348
9	56,438	10,166	4,613	1,822	85,444	56,421	10,153	4,607	1,824	85,317	48,421	10,135	4,505	1,785	81,500
10	59,111	10,157	4,646	1,733	81,779	59,080	10,161	4,662	1,735	82,188	50,080	10,150	4,519	1,696	77,792
Prom.	**55,912**	**10,164**	**4,707**	**1,785**	**85,361**	**55,919**	**10,159**	**4,707**	**1,783**	**85,241**	**47,820**	**10,149**	**4,590**	**1,712**	**79,729**
S.D	**2,707**	**0,059**	**0,054**	**0,037**	**1,574**	**2,686**	**0,059**	**0,055**	**0,035**	**1,416**	**2,513**	**0,065**	**0,062**	**0,060**	**2,394**
C.V (%)	**0,048**	**0,006**	**0,012**	**0,021**	**0,018**	**0,048**	**0,006**	**0,012**	**0,019**	**0,017**	**0,053**	**0,006**	**0,014**	**0,035**	**0,030**

ANEXO 5

DEFECTOS EN LOS LADRILLOS DE MADERA DE LAGARTO CASPI



Figura 12. Defecto de origen anatómico (nudo hueco).



Figura 13. Defecto de origen de secado (rajadura).



Figura 14. Defecto de origen biológico (perforaciones).



Figura 15. Defecto de origen de maquinado (arrancamiento de fibras y grano astillado).

ANEXO 6

REGISTRO DE IDENTIFICACIÓN DE DEFECTOS DE LADRILLO DE MADERA DE LAGARTO CASPI

N°	Defectos Anatómicos					Defectos Biológicos		Defectos de Secado			Defectos de Maquinado	
	Nudo sano	Nudo hueco	Nudo arracimado	Médula	Acebolladura	Perforaciones grandes	Perforaciones pequeñas	Alabeo	Duramen quebradizo	Rajaduras	Arranca. De fibra	Grano astillado
1	X	X	X									
2	X	X	X									
3	X	X	X									
4	X	X	X									
5	X	X	X									
6	X	X	X									
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												X
17												X
18												X
19												X
20	X											X
21	X											
22	X											
23	X											
24	X											
25	X											
26										X	X	
27										X	X	
28										X	X	
29										X	X	
30										X	X	
31										X	X	

N°	Defectos Anatómicos					Defectos Biológicos		Defectos de Secado			Defectos de Maquinado	
	Nudo sano	Nudo hueco	Nudo arracimado	Médula	Acebolladura	Perforaciones grandes	Perforaciones pequeñas	Alabeo	Duramen quebradizo	Rajaduras	Despunte	Grano inclinado
32										X	X	
33										X	X	
34										X	X	
35										X	X	
36							X					
37							X					
38							X					
39							X					
40							X					
41	X						X			X		
42	X						X			X		
43	X						X			X		
44	X						X			X		
45	X						X			X		
46												
47												
48												
49												
50												
51							X					
52							X					
53							X					
54							X					
55							X					
56	X										X	
57	X										X	
58	X										X	
59	X										X	
60	X										X	
61												X
62												X

N°	Defectos Anatómicos					Defectos Biológicos		Defectos de Secado			Defectos de Maquinado	
	Nudo sano	Nudo hueco	Nudo arracimado	Médula	Acebolladura	Perforaciones grandes	Perforaciones pequeñas	Alabeo	Duramen quebradizo	Rajaduras	Despunte	Grano inclinado
63												X
64												X
65												X
66												
67												
68												
69												
70												
71	X			X	X					X		X
72	X			X	X					X		X
73	X			X	X					X		X
74	X			X	X					X		X
75	X			X	X					X		X
76												
77												
78												
79												
80												
81												
82												
83												
84												
85												
86	X	X						X				
87	X	X						X				
88	X	X						X				
89	X	X						X				
90	X	X						X				
91												
92												
93												

N°	Defectos Anatómicos					Defectos Biológicos		Defectos de Secado			Defectos de Maquinado	
	Nudo sano	Nudo hueco	Nudo arracimado	Médula	Acebolladura	Perforaciones grandes	Perforaciones pequeñas	Alabeo	Duramen quebradizo	Rajaduras	Despunte	Grano inclinado
94												
95												
96	X											
97	X											
98	X											
99	X											
100	X											
101								X				
102								X				
103								X				
104								X				
105								X				
106												
107												
108												
109												
110												
111	X					X				X		
112	X					X				X		
113	X					X				X		
114	X					X				X		
115	X					X				X		
116												
117												
118												
119												
120												
121	X					X	X			X		
122	X					X	X			X		
123	X					X	X			X		
124	X					X	X			X		

N°	Defectos Anatómicos					Defectos Biológicos		Defectos de Secado			Defectos de Maquinado	
	Nudo sano	Nudo hueco	Nudo arracimado	Médula	Acebolladura	Perforaciones grandes	Perforaciones pequeñas	Alabeo	Duramen quebradizo	Rajaduras	Despunte	Grano inclinado
125	X					X	X			X		
126	X									X		
127	X									X		
128	X									X		
129	X									X		
130	X									X		
131	X	X		X						X		
132	X	X		X						X		
133	X	X		X						X		
134	X	X		X						X		
135	X	X		X						X		
136	X	X		X						X		
137	X	X		X						X		
138	X	X		X						X		
139	X	X		X						X		
140	X	X		X						X		
141		X										
142		X										
143		X										
144		X										
145		X										
146		X										
147		X										
148		X										
149		X										
150		X										
151		X										
152		X										
153		X										
154		X										
155		X										

N°	Defectos Anatómicos					Defectos Biológicos		Defectos de Secado			Defectos de Maquinado	
	Nudo sano	Nudo hueco	Nudo arracimado	Medula	Acebolladura	Perforaciones grandes	Perforaciones pequeñas	Alabeo	Duramen quebradizo	Rajaduras	Despunte	Grano inclinado
156		X		X		X	X			X		
157		X		X		X	X			X		
158		X		X		X	X			X		
159		X		X		X	X			X		
160		X		X		X	X			X		
161	X						X					
162	X						X					
163	X						X					
164	X						X					
165	X						X					
166	X						X					
167	X						X					
168	X						X					
169	X						X					
170	X						X					
171		X				X	X	X		X	X	
172		X				X	X	X		X	X	
173		X				X	X	X		X	X	
174		X				X	X	X		X	X	
175		X				X	X	X		X	X	
176		X		X			X			X		
177		X		X			X			X		
178		X		X			X			X		
179		X		X			X			X		
180		X		X			X			X		
181												
182												
183												
184												
185												
186	X											

N°	Defectos Anatómicos					Defectos Biológicos		Defectos de Secado			Defectos de Maquinado	
	Nudo sano	Nudo hueco	Nudo arracimado	Médula	Acebolladura	Perforaciones grandes	Perforaciones pequeñas	Alabeo	Duramen quebradizo	Rajaduras	Despunte	Grano inclinado
187	X											
188	X											
189	X											
190	X											
191	X	X						X		X	X	
192	X	X						X		X	X	
193	X	X						X		X	X	
194	X	X						X		X	X	
195	X	X						X		X	X	
196	X	X					X			X		
197	X	X					X			X		
198	X	X					X			X		
199	X	X					X			X		
200	X	X					X			X		
201	X	X					X	X		X		
202	X	X					X	X		X		
203	X	X					X	X		X		
204	X	X					X	X		X		
205	X	X					X	X		X		
206		X		X	X				X	X		
207		X		X	X				X	X		
208		X		X	X				X	X		
209		X		X	X				X	X		
210		X		X	X				X	X		
211												
212												
213												
214												
215												
216												
217												

N°	Defectos Anatómicos					Defectos Biológicos		Defectos de Secado			Defectos de Maquinado	
	Nudo sano	Nudo hueco	Nudo arracimado	Médula	Acebolladura	Perforaciones grandes	Perforaciones pequeñas	Alabeo	Duramen quebradizo	Rajaduras	Despunte	Grano inclinado
218												
219												
220												
221									X			
222									X			
223									X			
224									X			
225									X			
226												
227												
228												
229												
230	X											
231	X						X					
232	X						X					
233	X						X					
234	X						X					
235							X					
236						X	X					
237		X				X	X					
238		X				X	X					
239		X				X	X					
240		X				X	X					
241		X					X					
242		X					X					
243		X					X					
244		X					X					
245							X					
246											X	
247											X	
248											X	

N°	Defectos Anatómicos					Defectos Biológicos		Defectos de Secado			Defectos de Maquinado	
	Nudo sano	Nudo hueco	Nudo arracimado	Médula	Acebolladura	Perforaciones grandes	Perforaciones pequeñas	Alabeo	Duramen quebradizo	Rajaduras	Despunte	Grano inclinado
249											X	
250											X	
251	X											
252	X											
253	X											
254	X											
255	X											
256	X											
257	X											
258	X											
259	X											
260	X											
261	X						X					
262	X						X					
263							X					
264							X					
265							X					
266												
267												
268												
269												
270												
271								X				
272								X				
273								X				
274								X				
275								X				
276												
277												
278												
279												

N°	Defectos Anatómicos					Defectos Biológicos		Defectos de Secado			Defectos de Maquinado	
	Nudo sano	Nudo hueco	Nudo arracimado	Médula	Acebolladura	Perforaciones grandes	Perforaciones pequeñas	Alabeo	Duramen quebradizo	Rajaduras	Despunte	Grano inclinado
280												
281												
282												
283												
284												
285												
286												
287												
288												
289												
290												
291												
292												
293												
294												
295												
296												
297												
298												
299												
300												
301												
302												
303												
304												
305												
306	X						X					
307	X						X					
308	X						X					
309	X						X					
310	X						X					

N°	Defectos Anatómicos					Defectos Biológicos		Defectos de Secado			Defectos de Maquinado	
	Nudo sano	Nudo hueco	Nudo arracimado	Médula	Acebolladura	Perforaciones grandes	Perforaciones pequeñas	Alabeo	Duramen quebradizo	Rajaduras	Despunte	Grano inclinado
311				X								
312												
313												
314												
315												
316							X					
317							X					
318							X					
319							X					
320							X					
321			X									
322			X									
323			X									
324			X									
325			X									
326							X					
327							X					
328							X					
329							X					
330							X					
331	X			X					X			
332	X			X					X			
333	X			X					X			
334	X			X					X			
335	X			X					X			
336	X											
337	X											
338	X											
339	X											
340	X											
341									X			

N°	Defectos Anatómicos					Defectos Biológicos		Defectos de Secado			Defectos de Maquinado	
	Nudo sano	Nudo hueco	Nudo arracimado	Médula	Acebolladura	Perforaciones grandes	Perforaciones pequeñas	Alabeo	Duramen quebradizo	Rajaduras	Despunte	Grano inclinado
342				X					X			
343				X					X			
344				X					X			
345				X					X			
346	X											
347	X											
348	X											
349	X											
350	X											
351	X											
352	X											
353	X											
354	X											
355	X											
356	X											
357	X											
358	X											
359	X											
360	X											
361	X								X			
362	X								X			
363	X								X			
364	X								X			
365	X								X			
366												
367												
368												
369												
370												
371	X	X										
372	X	X										

N°	Defectos Anatómicos					Defectos Biológicos			Defectos de Secado		Defectos de Maquinado	
	Nudo sano	Nudo hueco	Nudo arracimado	Médula	Acebolladura	Perforaciones grandes	Perforaciones pequeñas	Alabeo	Duramen quebradizo	Rajaduras	Despunte	Grano inclinado
373	X	X										
374	X	X										
375	X	X										
376												
377												
378												
379												
380												
381									X	X		
382									X	X		
383									X	X		
384									X	X		
385									X	X		
386						X				X		
387						X				X		
388						X				X		
389						X				X		
390						X				X		
391												
392												
393												
394												
395												
396		X										
397		X										
398		X										
399		X										
400		X										
401												
402												
403												

N°	Defectos Anatómicos					Defectos Biológicos		Defectos de Secado			Defectos de Maquinado	
	Nudo sano	Nudo hueco	Nudo arracimado	Médula	Acebolladura	Perforaciones grandes	Perforaciones pequeñas	Alabeo	Duramen quebradizo	Rajaduras	Despunte	Grano inclinado
404												
405												
406	X	X										
407	X	X										
408	X	X										
409	X	X										
410	X	X										
411												
412												
413												
414												
415												
416	X						X		X			
417	X						X		X			
418	X						X		X			
419	X						X		X			
420	X						X		X			
421	X	X		X	X						X	
422	X	X		X	X						X	
423	X	X		X	X						X	
424	X	X		X	X						X	
425	X	X		X	X						X	
426									X			
427									X			
428									X			
429									X			
430									X			
431	X											
432	X											
433	X											
434	X											

N°	Defectos Anatómicos					Defectos Biológicos		Defectos de Secado			Defectos de Maquinado	
	Nudo sano	Nudo hueco	Nudo arracimado	Médula	Acebolladura	Perforaciones grandes	Perforaciones pequeñas	Alabeo	Duramen quebradizo	Rajaduras	Despunte	Grano inclinado
435	X											
436		X										
437		X										
438		X										
439		X										
440		X										
441	X						X					
442	X						X					
443	X						X					
444	X						X					
445	X						X					
446		X		X								
447		X		X								
448		X		X								
449		X		X								
450		X		X								
451	X			X								
452	X			X								
453	X			X								
454	X			X								
455	X			X								
456												
457												
458												
459												
460												
461												
462												
463												
464												
465												