

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TÍTULO DE LA TESIS
EVALUACIÓN DE LA MADERA EUCALIPTO CON
FINES ESTRUCTURALES, CHALAMARCA (SECTOR
TIERRA NEGRA), CHOTA, 2018.**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

AUTOR

ARTURO CHUQUIMANGO GUERRERO

Chota, Perú

2020



FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN, PARA OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL – UNACH

1. DATOS DEL AUTOR:

Apellidos y nombres: Chuquimango Guerrero Arturo
Código del alumno: 2013050129
Correo electrónico: arturguerrero95@gmail.com

Teléfono: 910134958
DNI: 46196320

2. MODALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico Tesis

3. TÍTULO PROFESIONAL O GRADO ACADÉMICO:

Bachiller Licenciado Título
 Magister Segunda especialidad Doctor

4. TÍTULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

EVALUACIÓN DE LA MADERA EUCALIPTO CON FINES ESTRUCTURALES, CHALAMARCA (SECTOR TIERRA NEGRA), CHOTA, 2018

5. FACULTAD DE: Ciencias de la ingeniería

6. ESCUELA PROFESIONAL DE: Ingeniería civil

7. ASESOR:

Apellidos y Nombres: José Luis Silva Tarrillo
Correo electrónico: jlsilvat@unach.edu.pe

Teléfono: 979006832
D.N.I: 46412746

A través de este medio autorizo a la Universidad Nacional Autónoma de Chota publicar el trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, Repositorio Nacional Digital de Acceso Libre (ALICIA) y el Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI).

Asimismo, por la presente dejo constancia que los documentos entregados a la UNACH, versión digital, son las versiones finales del trabajo sustentado y aprobado por el jurado y son de autoría del suscrito en estricto respeto de la legislación en materia de propiedad intelectual.

Arturo Chuquimango Guerrero

FIRMA:
DNI. 46196320

Fecha, 13 de abril del 2020

TÍTULO DE LA TESIS

EVALUACIÓN DE LA MADERA EUCALIPTO CON
FINES ESTRUCTURALES, CHALAMARCA (SECTOR
TIERRA NEGRA), CHOTA, 2018.

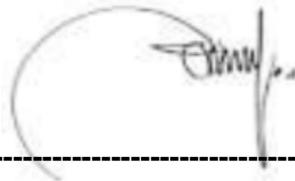
POR:

ARTURO CHUQUIMANGO GUERRERO

Presentada a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería
de la Universidad Nacional Autónoma de Chota para
optar el título de

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO INTEGRADO POR



Dr. Ing. Luis Alberto Orbegoso Navarro

PRESIDENTE



Miguel Ángel SILVA TARRILLO
INGENIERO CIVIL
CIP. 157792

Mg. Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo

SECRETARIO



Luis Fernando Romero Chuquilín
INGENIERO CIVIL
CIP. 1552475

Msc. Ing. Luis Fernando Romero

Chuquilín

VOCAL

AGRADECIMIENTOS

A mi mamá y hermano quienes a lo largo de nuestras vidas siempre estuvieron apoyándome, motivando en mi formación académica y alentándome a seguir adelante.

A mi asesor que me brindó desinteresadamente sus conocimientos, información y su tiempo, los cuales fueron de mucha importancia para el desarrollo de mi tesis.

A mis docentes que día a día impartieron sus conocimientos los cuales fueron fundamentales para mi formación profesional.

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida y permitirme llegar hasta donde estoy, por darme salud y las fuerzas necesarias para salir siempre adelante por su amor infinito el cual ha sido el motivo para logra mis objetivos.

A mi madre por ser el motivo de mi vida, quien día a día se esforzó para que saliera adelante, me formo con valores, buenos sentimientos; y me brindo cada día su apoyo incondicional.

A mi hermano y sobrinos por estar siempre conmigo motivándome para salir adelante cada día, y de esta manera lograr ser un gran profesional para la sociedad, y tener un mejor futuro.

A mi amiga Ana Leydy por estar siempre conmigo apoyándome cuando más lo necesitaba, por sus consejos los cuales de una u otra forma influyeron en mí para salir adelante.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	1
TÍTULO DE LA TESIS.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
DEDICATORIA.....	4
INDICE DE CONTENIDOS.....	5
INDICE DE TABLAS.....	7
INDICE DE FIGURAS.....	9
RESUMEN.....	14
ABSTRAC.....	15
CAPITULO I.....	16
INTRODUCCION.....	16
CAPITULO II.....	20
MARCO TEÓRICO.....	20
2.1. Antecedentes.....	20
2.1.1. A nivel internacional.....	20
2.1.2. A nivel nacional.....	21
2.1.2. A nivel regional.....	21
2.2. Bases conceptuales.....	23
2.2.1. Madera para uso estructural.....	23
2.2.2. Madera y carpintería para construcción.....	25
2.2.3. Propiedades de la madera eucalipto.....	45
2.2.4. Madera eucalipto.....	46
2.2.5. La Madera.....	48
2.3 Definición de concepto.....	54
CAPITULO III.....	61
MARCO METODOLOGIVO.....	61
3.1 Ámbito de estudio.....	61
3.2 Diseño de investigacion.....	61
3.2 Poblacion y muestra.....	61
3.4 Operacionalizacion de variables.....	62
3.5. Descripción de la metodología.....	62
3.6. Procesamiento y análisis de datos.....	64
CAPITULO IV.....	65
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	65

RESULTADOS	65
DISCUSIÓN	83
CAPITULO V	84
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	84
CONCLUSIONES.....	84
RECOMENDACIONES.....	86
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87
ANEXOS.....	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: densidad básica.....	23
Tabla 2: módulo de elasticidad	23
Tabla 3: esfuerzos admisibles	24
Tabla 4: contenido de humedad	27
Tabla 5: Propiedades físicas de la madera	47
Tabla 6: propiedades mecánicas de la madera (flexión estática y compresión) .	47
Tabla 7: propiedades mecánicas de la madera (dureza, cizalladura y tenacidad)	47
Tabla 8: Coeficientes para la determinación de esfuerzos admisibles	55
Tabla 9: Operacionalización de variables	63
Tabla 10: resultados contenido de humedad	66
Tabla 11: resultados cizallamiento paralelo al grano	68
Tabla 12: resultados humedad posterior a prueba de cizallamiento paralelo al grano	69
Tabla 13: resultados compresión paralela al grano.....	71
Tabla 14: resultados humedad posterior al ensayo de compresión paralela al grano	73
Tabla 15: resultados compresión perpendicular al grano.....	73
Tabla 16: resultados flexión estática.....	75
Tabla 17; resultados humedad posterior al ensayo flexión estática	77
Tabla 18: resultados tensión paralela a la fibra.....	79
Tabla 19: resultados tensión perpendicular a la fibra.....	82

Tabla 20: resultados humedad posterior al ensayo tensión perpendicular a la fibra	83
Tabla 21: propiedades físicas y mecánicas	84
Tabla 22: densidad promedio	85
Tabla 23: comparación esfuerzos admisibles	85
Tabla 24: exportación de madera	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Probeta de cizallamiento (NTP 251.013)	31
Figura 2: ensayo de cizallamiento paralelo algrano (NTP 251.013)	32
Figura 3: Probeta compresión axial o paralela a grano (NTP 251.014-2014).....	34
Figura 4: probeta ensayo de compresión perpendicular al grano (NPT 251.016)	36
Figura 5: esquemas del ensayo de tensión paralela a las fibras (NTP 251.085)	42
Figura 6: dimensiones de las probetas (NTP 251.085)	43
Figura 7: dimensión de la probeta de tension perpendicular a las fibras (NTP 251.086).....	44
Figura 8: Mapa de localización	93
Figura 9: Reporte de ensayos en madera	94
Figura 10: Factura de pago UNT	95
Figura 11: selección del eucalipto 1.....	99
Figura 12: Selección del eucalipto 2.....	99
Figura 13: Selección del eucalipto 3.....	99
Figura 14: talado del eucalipto 1.....	99
Figura 15: talado del eucalipto 2.....	100
Figura 16: talado del eucalipto 3.....	100
Figura 17: corte de la troza eucalipto 1.....	100
Figura 18: corte de la troza eucalipto 2.....	100
Figura 19: corte de la troza eucalipto 3.....	101

Figura 20: corte para selección de vigueta dentro de la troza, eucalipto 1	101
Figura 21: corte para selección de la vigueta dentro de la troza, eucalipto 2 ...	101
Figura 22: corte para selección de la vigueta dentro de la torza, eucalipto 3 ...	101
Figura 23: Probeta 1.1 antes de ser ensayada	102
Figura 24: probeta 1.1 durante el ensayo	102
Figura 25: probeta 1.1 después de ser ensayada	102
Figura 26: probeta 1.2 antes de ser ensayada.....	102
Figura 27: Probeta 1.2 durante el ensayo.....	102
Figura 28: probeta 1.2 después de ser ensayada	102
Figura 29: Probeta 1.3 antes de ser ensayada	103
Figura 30: Probeta 1.3 durante el ensayo	103
Figura 31: Probeta 1.3 después de ser ensayada.....	103
Figura 32: probeta 1.4 antes de ser ensayada.....	103
Figura 33: probeta 1.4 durante el ensayo	103
Figura 34: probeta 1.4 después de ser ensayada	103
Figura 35: probeta 2.1 antes de ser ensayada.....	104
Figura 36: probeta 2.1 durante el ensayo	104
Figura 37: probeta 2.1 después de ser ensayada	104
Figura 38: Probeta 3.1 antes de ser ensayada	104
Figura 39: Probeta 3.1 durante el ensayo	104
Figura 40: probeta 3.1 después del ensayo	104
Figura 41: Codificación de probetas Eucalipto 1.....	105

Figura 42: Codificación de probetas Eucalipto 2.....	105
Figura 43: Codificación de probetas Eucalipto 3.....	105
Figura 44: Peso de probetas Eucalipto 1	105
Figura 45: Peso de probetas Eucalipto 2	106
Figura 46: peso de probetas Eucalipto 3	106
Figura 47: Probeta 1.a siendo ensayada	106
Figura 48: Probeta 1.b siendo ensayada	107
Figura 49: Probeta 1.c siendo ensayada	107
Figura 50: Probeta 1.d siendo ensayada.	107
Figura 51: Probeta 1.2 antes de ser ensayada.	108
Figura 52: probeta 1.2 durante el ensayo	108
Figura 53: Probeta 1.2 después de ser ensayada.....	108
Figura 54: Probeta 1.3 antes de ser ensayada.	108
Figura 55: Probeta 1.3 durante el ensayo.....	108
Figura 56: Probeta 1.3 después de ser ensayada.....	108
Figura 57: Probeta 3.3 antes de ser ensayada.	109
Figura 58: Probeta 3.3 durante el ensayo.....	109
Figura 59: Probeta 3.3 después de ser ensayada.....	109
Figura 60: Probeta 1.2 antes de ser ensayada.	109
Figura 61: Probeta 1.2 durante el ensayo.....	109
Figura 62: Probeta 1.2 después de ser ensayada.....	109
Figura 63: Probeta 1.3 antes de ser ensayada.	110

Figura 64: Probeta 1.3 durante el ensayo.....	110
Figura 65: Probeta 1.3 después de ser ensayada.....	110
Figura 66: medición de los 2cm de longitud cercanas a la zona	110
Figura 67: corte de los 2 cm cerca de la zona de fractura.....	110
Figura 68: Probeta 1.2 con su respectiva muestra cortada cerca de la zona de fractura.....	111
Figura 69: Probeta 1.3 con su respectiva muestra cortada cerca de la zona de fractura.....	111
Figura 70: Probeta 3.1 con su respectiva muestra cortada cerca de la zona de fractura.....	111
Figura 71: Probeta 2.2 con su respectiva muestra cortada cerca de la zona de fractura.....	111
Figura 72: Peso de la Probeta 1.2 antes del secado en la estufa.	112
Figura 73; Peso de la Probeta 1.2 después del secado en la estufa.....	112
Figura 74: Peso de la Probeta 1.3 antes del secado en la estufa.	112
Figura 75: Peso de la Probeta 1.3 después del secado en la estufa.....	112
Figura 76: Peso de la Probeta 2.2 antes del secado en la estufa.	113
Figura 77: Peso de la Probeta 2.2 después del secado en la estufa.....	113
Figura 78: Peso de la Probeta 3.3 antes del secado en la estufa	113
Figura 79: Peso de la Probeta 3.3 después del secado en la estufa.....	113
Figura 80: probetas puestas a la estufa a 103°C por 3 horas como indica la norma.	113
Figura 81: Peso de la Probeta 1.1 antes del secado en la estufa.	114
Figura 82: Peso de la Probeta 1.1 después del secado en la estufa.....	114

Figura 83: Peso de la Probeta 3.1 antes del secado en la estufa.	114
Figura 84: Peso de la Probeta 3.1 después del secado en la estufa.....	114
Figura 85: Probetas puestas a la estufa.	115
Figura 86: Probetas a 103 °C.	115
Figura 87: probetas antes del ensayo.....	116
Figura 88: probetas durante del ensayo	115
Figura 89: probeta 1.a durante el ensayo	116
Figura 90: probeta 1.a después del ensayo.....	116
Figura 91: muestras para ensayo	116
Figura 92: Probeta 1.1 antes de ser ensayada	117
Figura 93: Probeta 1.1 durante el ensayo.....	117
Figura 94: Probeta 1.3 después del ensayo.....	117
Figura 95: Probeta 1.1 antes del ensayo.	117
Figura 96: Probeta 1.3 durante el ensayo.....	118
Figura 97: Probeta 1.3 después del ensayo.....	118
Figura 98: grafica compresión paralela al grano muestra 1.2	121
Figura 99: grafica compresión paralela al grano muestra 2.3	121
Figura 100: grafica Compresión perpendicular al grano.....	121
Figura 101: grafica compresión perpendicular al grano muestra 3.1	122
Figura 102: grafica tensión paralela a la fibra	123
Figura 103: grafica tensión paralela a la fibra	123

RESUMEN

La presente investigación tuvo por objetivo evaluar la madera eucalipto con fines estructurales, Chalamarca (Sector Tierra Negra), Chota 2018, con la finalidad de garantizar que concuerden con los valores establecidos en la norma técnica de la madera E.010 para así lograr clasificarlo al grupo, este trabajo es aplicado, de enfoque cuantitativo, de alcance descriptivo simple y de diseño no experimental. Utilizando muestreo por conveniencia, se tomó una muestra de 3 árboles de eucalipto cuyos diámetros fueron 1.35m, 1.47m y 1.37m, de los cuáles se obtuvieron probetas para realizar ensayos de contenido de humedad, densidad básica, cizallamiento paralelo al grano, compresión paralela y perpendicular al grano, flexión estática y tensión paralela y perpendicular al grano. Utilizando las Normas Técnicas Peruanas, para los diferentes tipos de ensayo, los resultados obtenidos, son: 0.79 (g/cm³) de densidad básica, contenido de humedad promedio 4.46%; cizallamiento 123.3 (Kg/cm²), compresión paralela al grano 500,88 (Kg/cm²), flexión estática 745,46 (Kg/cm²), tensión paralela a las fibras 2094,87 (Kg/cm²), tensión perpendicular a las fibras 54.24 (Kg/cm²). En base a estos resultados se calcularon los esfuerzos admisibles para diseño: flexión 19.33 (Kg/cm²), tensión paralela 18.09 (Kg/cm²), compresión perpendicular 24.52 (Kg/cm²) y corte paralelo 1.52 (Kg/cm²). De estos resultados se concluyó que la madera de eucalipto de Bajo Chalamarca, Centro Poblado Tierra Negra – Chalamarca cumple con los requisitos de la Norma E.010, para ser clasificada en el grupo estructural A.

Esta investigación aporta conocimiento en materia de nuevos materiales de construcción y puede ser aprovechada por ingenieros, para el diseño de diferentes tipos de estructuras utilizando como insumo base madera de eucalipto del distrito de Chalamarca.

Palabras clave: estructuras de madera/ propiedades de la madera/ esfuerzo admisible/ madera eucalipto/ esfuerzo básico.

ABSTRACT

This research had as objective to evaluate the eucalyptus wood for structural purposes, Chalamarca (sector Tierra Negra), Chota, 2018, in order to guarantee that they agree with the values established in the technical standard of wood E.010 in order to classify it to the group, this work is applied, quantitative approach, simple descriptive scope and non-experimental design. Using convenience sampling, a sample of 3 eucalyptus trees whose diameters were 1.35m, 1.47m and 1.37m were taken, from the results specimens were obtained to perform tests of moisture content, basic density, shear parallel to grain, parallel compression and perpendicular to the grain, static bending and tension parallel and perpendicular to the grain. Using the Peruvian Technical Standards, for the different types of tests, the results obtained are: 0.79 (g / cm³) of basic density, average moisture content 4.46%; shear 123.3 (Kg / cm²), compression parallel to grain 500.88 (Kg / cm²), static bending 745.46 (Kg / cm²), tension parallel to the fibers 2094.87 (Kg / cm²), tension perpendicular to the fibers 54.24 (Kg / cm²). Based on these results, the admissible stresses for design were calculated: bending 19.33 (Kg / cm²), parallel tension 18.09 (Kg / cm²), perpendicular compression 24.52 (Kg / cm²) and parallel cut 1.52 (Kg / cm²). From these results, it was concluded that the eucalyptus wood from Bajo Chalamarca, Centro Poblado Tierra Negra – Chalamarca meets the requirements of Standard E.010, to be classified in structural group A

This research provides knowledge on new construction materials and can be used by engineers for the design of different types of structures using as a basic input eucalyptus wood from the district of Chalamarca.

Keywords: wood structures / wood properties / allowable stress / eucalyptus wood / basic stress.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

En el mundo constantemente los ingenieros y técnicos de la construcción se encuentran en búsqueda de nuevos materiales que les ofrezcan mejores características de resistencia, durabilidad y costo, sin embargo, el desconocimiento y poco estudio de materiales locales muchas veces limita su uso y se opta por otros importados, que además de ser muy costosos, muchas veces, no se adaptan a las condiciones y necesidades del entorno. Un caso particular es la madera, que siendo un material usado desde la antigüedad en diferentes tipos de construcciones actualmente su uso es relegado a la zona rural y sin la utilización de ningún tipo de criterio técnico que permita su máximo aprovechamiento.

En España, uno de los problemas en la construcción, es el costo del transporte de los materiales el cual encarece el precio de los productos como: hormigón y ladrillo, que al ser transportados a otras localidades, da como resultado productos más caros y muchas veces son materiales de menor resistencia, y peor aún si hablamos de localidades donde no hay industria de materiales de albañilería y hormigón, es así, como resultaría más cómodo obtener madera, siendo este un material local de gran abundancia, sin embargo a pesar del beneficio económico que se podría tener, la madera es un elemento poco utilizado en la construcción en sus estructuras principales, tal es el caso de España, que contando con dicho material el cual además es un material ecológico, con propiedades bioclimáticas y bajas emisiones de contaminación que otros materiales, no hacen uso de tal recurso sino que esperan trasladar materiales de otras localidades, siendo un proceso largo y tedioso. (Noticiero 20 minutos, 2015).

La madera como recurso constructivo aún no ha sido lo suficientemente estudiada, es un producto que tiene una gran cantidad de exportación e importación a nivel mundial, pues es empleada para elementos como puertas, triplay, muebles, etc. Las cantidades de importaciones de madera, carbón vegetal y manufacturas de madera a los diferentes países en el año 2018 es: Estados Unidos: 3028.274, Ecuador: 22440.704; España: 5541.113 (ver tabla 24, anexo 3). La madera es un recurso natural cuyo uso puede ser promovido para la construcción y cuya importación no tiene que quedarse en simple materia prima sino en la disposición

final de esta, para conseguir que también se planteen medias ambientales como la reforestación.

En el Perú, El Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) mediante el noticiero de Radio Programas del Perú (RPP) del 02 de junio (2014) informó: más de 3.6 millones de casas en Perú, con un porcentaje de 47% del total, están construidas de barro o adobe y piedra materiales que las hacen vulnerable en caso de desastres naturales por no tener la resistencia y la estructura adecuada. En función al informe periodístico, nos induce a tomar conciencia sobre el problema de las construcciones en el Perú, sin embargo, un gran sector de la población sigue construyendo sus viviendas con materiales inadecuados y sin tener en cuenta la normatividad peruana, ya que en la actualidad lo vienen haciendo sin ayuda técnica o supervisión de ingenieros. Es decir, es primordial escoger el material cuyos beneficios sean resaltantes a una zona específica, y al elegir este material se opta por la normativa que lo rija en el caso de concreto armado la E060 y en el caso de madera la E.010, por tanto, se debe elegir el material apropiado para una zona y la normatividad coherente que generen una construcción de calidad y que brinde confort y seguridad a los habitantes. (Noticiero RPP, 2014)

En Chota, como ciudad en desarrollo, la construcción es desmedida, desorganizada y poco coherente a la realidad local, pues la población no está tomando en cuenta, la calidad de sus materiales, el costo de los mismos, el lugar donde construyen, los profesionales que lo rigen y la normatividad que los orienta, y al no tener estos aspectos en cuenta el crecimiento constructivo se lleva a cabo de una manera insegura, costosa y de pésima calidad. Si nos centramos en el problema del uso de materiales, identificamos que la mayoría de viviendas se construyen de concreto armado, pero debido a que estos materiales son traídos de otros lugares, demandan mayor costo de transporte, o que obliga a los propietarios de un proyecto constructivo de una vivienda a disminuir la cantidad de estos en las estructuras principales de rigidez como columnas y vigas, este problema cambiaría si tuviesen otra opción constructiva como lo es la madera, ya que al ser un material abundante de la zona el costo sería menor y se dispondría de mayor espacio constructivo, además se estaría conservando las tradiciones de la ciudad, ya que Chota, cuna de las rondas campesinas, al aumentar sus tendencias constructivas de solo concreto armado, están dejando de lado las construcciones tradicionales que generan la conservación de costumbres, tradiciones y buenas prácticas de

antaño. El uso de la madera de eucalipto, cuya obtención es más cómoda y permitiría el desarrollo de una nueva forma de construcciones en nuestra ciudad, siendo este un material que es fácil de obtener y es abundante en la zona, a ello se suma su resistencia para realizar obras de construcción, permitiendo calificar a las construcciones de madera como construcciones seguras para nuestra zona sísmica.

En Chalamarca, El Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) censo del 2017, las viviendas construidas de material noble son: 170 y las construidas de adobe o tapial son: 2793, de acuerdo a este censo la mayoría de edificaciones son realizadas de adobe o tapial a pesar que Chalamarca es una ciudad en desarrollo, es de esta forma que se realiza un estudio a la madera eucalipto ya que en esta zona hay variedad de madera eucalipto y la población no da un uso adecuado de este material esto debido a la inexistencia de estudios realizados, a la escasa información sobre las propiedades y usos de la madera eucalipto en dicha localidad por ende los pobladores no tienen otra opción sino utilizar el método tradicional y lo hacen de barro (tapial) y adobe siendo construcciones poco resistentes y de estructura inadecuada. (INEI, 2017). Ante el problema descrito, se propone realizar el análisis de la resistencia del eucalipto con fines estructurales en la construcción, bajo Chalamarca (sector tierra tierra) ya que este material es abundante en la zona.

Ante el evidente problema acerca de las estructuras utilizadas en las edificaciones en el distrito de Chalamarca, provincia de Chota, región Cajamarca, surgió la necesidad de hacer un estudio en la madera eucalipto, esta investigación se realizó con la intención de obtener los parámetros físico - mecánicos de la madera eucalipto, para ser utilizados en el diseño de diferentes estructuras.

Desde el punto de vista económico esta tesis se justifica, ya que persigue la optimización de recursos. En la ciudad de Chalamarca es sabido que para la construcción de viviendas se utilizan materiales que no son de la zona, sino que son trasladados de otras ciudades lo cual termina por encarecerlos, por otra parte, la mayoría de viviendas son de adobe y tapial materiales que se usan sin ningún tipo de reforzamiento estructural haciendo que sean poco resistentes ante fenómenos naturales como los sismos. Los resultados de esta investigación pueden usarse para el diseño de diferentes elementos estructuras como, vigas,

columnas, puentes peatonales, tijerales, entablerados, etc. Desde el punto de vista teórico este estudio encontró su justificación en que aporta al conocimiento nuevos materiales de construcción, lo cual podrá ser utilizado en otros trabajos relacionados.

Este trabajo de investigación tuvo como objetivo general, evaluar la madera eucalipto con fines estructurales, Chalamarca (Sector Tierra Negra), Chota, 2018. Con la finalidad de garantizar que concuerden con los valores establecidos en la norma técnica de la madera E.010 para así lograr clasificarlo al grupo que corresponde y garantizar su resistencia estructural. Y como objetivo específico, determinar las propiedades físicas y mecánicas de la madera eucalipto para establecer el grupo al que corresponden como son A, B, y C y analizar los resultados obtenidos de las pruebas de laboratorio para comparar con la Norma E.010 de Estructuras de Madera, a fin de garantizar su resistencia estructural.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

2.1.1 A NIVEL INTERNACIONAL

Lemus Sánchez y Romero Ruiz (2014), realizaron el análisis y trazo de un modelo de edificaciones sostenibles en madera para la población de la Mojana. La Investigación fue de tipo experimental utilizando como muestra la madera; surgió con el objetivo de: trazar un modelo de edificación en madera de utilidad social y sustentable ambientalmente, con el fin de moderar las causas que provocan los desastres naturales como inundaciones en la población de la Mojana. Concluyendo, que el trazo del modelo de edificación será un trazo sostenible y sustentable ambientalmente, debido a que las especies que se utilizan para el trazo son especies que se hallan en abundancia en la localidad, ya que estas especies crecen pronto y son conocidas por los pobladores. (p. 62)

Esta investigación concuerda con dicho estudio en curso, ya que para poder ser utilizada la madera en una edificación primero se realizó el análisis de las propiedades de la madera además de que el centro poblado donde se realizará dicho estudio cuenta con especies de madera apta para dicho estudio.

Gómez Miranda y Pacheco Leiva (2017), realizaron su investigación para determinar si es viable la técnica del sistema constructivo de edificaciones de utilidad social en madera para implementar el área urbana de la municipalidad de Chía - Colombia. Investigación de tipo experimental utilizando como muestra la madera; surgió con el objetivo de: “determinar la viabilidad técnica de los sistemas constructivos realizados por el grupo HABIS en Brasil con diferentes tipos de madera en casas eco sostenibles, para llevar a la implementación en el municipio de Chía, Cundinamarca, Colombia”. Concluyendo, que la madera permite un mejor comportamiento entre los elementos estructurales dando mayor flexibilidad y facilidad constructiva. (p. 62)

Este trabajo se relaciona con la investigación propuesta, ya que con el análisis de la madera se pretende conformar estructuras de mayor resistencia a los esfuerzos y una mayor facilidad constructiva.

2.1.2 A NIVEL NACIONAL

Lugo Chávez y Ordoñez García (2016), desarrollaron su investigación en edificaciones de madera aplicada al sector constructivo del Perú. Investigación de tipo experimental utilizando como muestra: madera de pino radiata: tuvo como objetivo: hacer una propuesta a la madera como insumo de construcción en un país con abundante recurso forestal como lo es el Perú, verificando su buen funcionamiento mecánico y sísmico según pruebas experimentales. Concluyeron, que de acuerdo a los valores de las propiedades físicas y mecánicas confirman la posibilidad de utilizar el pino con fin estructural ya que los resultados obtenidos se hallan dentro de los rangos permitidos en la normativa. (p. 82)

Esta tesis es congruente con la investigación en dos aspectos fundamentales como es proponer a la madera en la construcción ya que la zona de Chalamarca cuenta con dicho recurso y mediante la realización de ensayos poder realizar el agrupamiento de la madera.

Romero Ramos (2016), desarrollaron su investigación en el diseño de una vivienda de madera de dos niveles con el sistema poste y viga. Con el objetivo de: diseñar una vivienda de 2 niveles construida con madera y una cimentación de concreto armado mediante el método poste viga. Concluyeron, la madera es un recurso natural muy versátil. Una de sus utilidades es en las estructuras, por lo que puede ser una alternativa técnicamente viable para la construcción de viviendas sin la utilización de concreto y acero. (p. 88)

Esta investigación es importante porque en el contexto el autor evalúa la resistencia de la madera mediante el esfuerzo que esta presenta además de que dicho estudio permitirá determinar valores de la resistencia que presenta el material en estudio para luego ser utilizado en la construcción de estructuras de madera.

2.1.3 A NIVEL REGIONAL

El análisis de la resistencia al corte paralelo a las fibras, de la madera Pino Radiata, realizado por el procedimiento de punzonamiento y el procedimiento de

la normativa ASTM 143-09/2010. En dicha investigación se ha utilizado como muestra la madera de Pino Radiata, surgió con el objetivo de: analizar la resistencia al corte paralelo a la fibra, de la madera Pino Radiata, realizado por el procedimiento de punzonamiento y el procedimiento de la normativa ASTM D 143-09/2010. En la que concluyó, que los esfuerzos obtenidos de los esfuerzos al corte paralelo a la fibra se afirma que son factibles y no sufre distorsión, y que la humedad obtenido por el método ASTM D143-09/2010 es menor al obtenido por el método del punzonamiento. (Bautista, 2014)

Esta investigación es importante en el contexto que evalúa la resistencia de la madera mediante el esfuerzo que esta presenta al corte además de que dicho estudio permitirá determinar valores del contenido de humedad que presenta el material en estudio.

2.2 BASES CONCEPTUALES

2.2.1 Madera para uso estructural

2.2.1.1 Agrupamiento de la madera para utilización estructural (Normativa técnica E.010 madera – RNE)

AGRUPAMIENTO

- Para el agrupamiento se basó en los resultados de la densidad básica y de la resistencia mecánica.
- La densidad básica, módulos de elasticidad y esfuerzos admisibles para los grupos A, B y C son los que se indican en las tablas 1, 2 y 3.

Densidad básica

Tabla 1:

Densidad básica

Grupo	Densidad básica (g/cm ³)
A	≥ 0.71
B	0.56 a 0.70
C	0.40 a 0.55

Fuente norma E.010 madera

Módulo de elasticidad

Tabla 2:

Módulo de elasticidad

Grupo	Módulo de elasticidad Mpa(kg/cm ²)	
	E _{mínimo}	E _{promedio}
A	9316(95000)	12748(130000)
B	7355(75000)	9806(100000)
C	5394(5500)	8826(90000)

Fuente norma E.010 madera

Esfuerzos admisibles

Tabla 3:

Esfuerzos admisibles

Esfuerzos Admisibles Mpa (kg/cm ²)					
Grupo	Flexión F _m	Tracción paralela F _t	Compresión paralela F _c	Compresión perpendicular F _c	Corte paralelo F _v
A	20.6(210)	14.2(145)	14.2(145)	3.9(40)	1.5(15)
B	14.7(150)	10.3(105)	10.8(110)	2.70(28)	1.2(12)
C	9.8(100)	7.3(75)	7.8(80)	1.5(15)	0.8(8)

Fuente norma E.010 madera

2.2.1.2 Incorporación de especies a los grupos A, B y C (Norma Técnica E.010 Madera - RNE)

a. REQUISITOS

Para incorporar especies a los grupos A, B y C se seguirá lo siguiente:

- Se identificará las especies y se efectuará la descripción anatómica de las probetas de madera.
- Una vez determinada la densidad básica de las especies se le compara con los valores obtenidos en la tabla número 1 descrita anteriormente.
- Se determinará el Esfuerzo Admisible a partir de vigas a escala real las cuales cumplan con lo establecido en la Normativa establecida en el RNE.
- Se comparará la resistencia en flexión obtenidos según la Normativa del RNE. con las tablas 2 y 3 mencionados anteriormente.
- Si los resultados obtenidos son mayores a los resultados del grupo provisional obtenido por la densidad, se clasificará a la especie a dicho grupo, si los resultados encontrados alcanzan los de un grupo mucho más resistente se le clasificara en el grupo superior. En caso, contrario si los resultados no alcanzan a los del grupo provisional se le clasificara en el grupo inferior.

- Una vez Agrupada la especie, podrán utilizarse para el diseño todos los esfuerzos admisibles indicados en la tabla número 3.

Para introducir especies en los grupos propuestos se tendrá que hacer de acuerdo a la densidad básica y de la resistencia mecánica obtenida mediante pruebas de flexión de vigas de madera de tamaño natural, de acuerdo a la normativa E.010 del RNE.

El reconocimiento de la especie y las pruebas estructurales deberán ser realizados por laboratorios reconocidos, los que emitirán y garantizarán los resultados correspondientes, de acuerdo con los requisitos exigidos por el instituto nacional de investigación y normalización.

2.2.2 MADERA Y CARPINTERÍA PARA CONSTRUCCIÓN

2.2.2.1 Selección y colección de muestras (Norma Técnica Peruana (251.008-2016) (INACAL, 2016)

- **Selección de muestras.** – procedimiento por el cual se obtiene una cantidad adecuada de material, de acuerdo a la población a la cual pertenece.
- **Población.** – es el conjunto de individuos de una especie en los cuales se determinará una o más propiedades.
- **Zona.** - es la ubicación donde se encuentran las especies que pertenecen a la población.
- **Subzona.** – es el área geográfica caracterizada por la existencia de árboles de la especie o especies que se desea estudiar.
- **Sector.** - es la sub-división de la zona o sub-zona efectuada en base a criterios, objetivos, que cumplen los requisitos de selección de testigos tales como calidad de lugar, accesibilidad y otros aspectos de acuerdo a la finalidad e importancia del estudio.
- **Bloque.** – lugar donde se realizará dicho estudio, del cual serán seleccionadas las muestras.
- **Volumen por unidad de superficie.** - es la cantidad de muestras de una especie forestal, determinada por métodos adecuados.

- **Troza.** - es la parte del tronco de longitud inestable y sin ramas obtenida mediante corte transversal en el eucalipto elegido y que representa a la muestra en los estudios a realizar.
- **Vigueta.** - es la porción seleccionada del trozo a partir del cual se acondicionan las muestras.
- **Probeta.** - es la pieza de dimensión y forma específica preparada a partir de las viguetas seleccionadas.

2.2.2.2 Habilitación de la madera designada a las pruebas físicas y mecánicas (NTP 251.009-2016) (INACAL, 2016)

- **Métodos de ensayo**
- **cuidado contra hongos e insectos.** - ya seleccionado la troza de acuerdo a la NTP 251.008 e inmediatamente al tumbado de los árboles, será fumigada, con soluciones adecuadas toda la superficie de la corteza.
- **Precaución contra grietas y otras precauciones.** - para evitar la presencia de rajaduras en los extremos de la troza debido al secado rápido, la troza será protegidas mediante el empleo de materiales adecuados (pintura o resina sintética) que seque sobre madera en estado verde.

Si las trosas no pueden ser procesadas inmediatamente en el aserrado, se les almacena en lugares protegido contra el calor artificial, los rayos del sol y el contacto al suelo.

- **Acondicionamiento de las viguetas por ensayo en verde.** - las viguetas destinadas a los ensayos en estado verde, se mantendrán en este estado mediante un método adecuado (sumergidas en agua o apiladas apretadamente y cubiertas con aserrín o paño mojado con agua) hasta el momento de realizar el ensayo.

El número de probetas puede establecerse de acuerdo al ensayo y a la exactitud que se desea tener.

2.2.2.3 Método para determinar el contenido de humedad (NTP 251.010-2014) (INACAL, 2014)

- **Objetivo**

Para determinar el contenido de humedad los métodos de ensayo son los que se indican a continuación:

Método A – método primario o método de secado en estufa.

Método B – método secundario de secado en estufa.

Método C – método de destilación.

Método D – otros métodos secundarios.

- **Método A –secado en estufa (primario)**

- ✓ **Equipo**

- ❖ **Estufa.** - se utiliza una estufa de convección forzada que pueda mantener una temperatura de (103 ± 2) °C durante todo el tiempo necesario para secar la muestra hasta alcanzar el punto final de secado (masa constante de la muestra) el equipo deberá tener un sistema de ventilación que permita que la humedad pueda escapar.

- ❖ **Balanza.** - basado en una muestra de 10 g (seca a la estufa), la resolución mínima de lectura de la balanza será determinada por el nivel de precisión de reporte deseado.

Tabla 4:

Contenido de humedad

Nivel de precisión de reporte CH (%)	Resolución mínima de lectura de la balanza (mg)
0,01	1
0,05	5
0,1	10
0,5	50
1,0	100

Fuente NTP 251.010 contenido de humedad

- ✓ **Material de ensayo,** cualquier material de madera de tamaño conveniente puede ser utilizado, siempre que sea consistente con el uso de frascos cerrados y con la resolución de lectura de la balanza.

- ✓ **Estandarización y calibración**, la determinación de la variabilidad de la muestra requiere una medición separada de la contribución de la variabilidad dentro de la estufa.

- ✓ **Procedimientos**
 - Conserve las muestras en recipientes herméticos individuales en el caso de que se pudiese producir algún retraso entre muestreo y pesaje.
 - Pese las muestras utilizando una balanza adecuada para alcanzar la precisión deseada.
 - Coloque las muestras en la estufa dentro del volumen ensayado para la precisión de la estufa.
 - Punto final, se asume que la muestra ha alcanzado este punto adecuado cuando la pérdida de masa, en un intervalo de 3 horas, es igual o menor que dos veces la resolución de lectura de la balanza seleccionada.
 - Procedimientos para la manipulación y pesaje, las muestras secas se depositan en un desecador con una sustancia desecadora fresca que haya alcanzado la temperatura ambiente. Todas las pesadas se deberán efectuar utilizando frascos cerrados de pesaje.

- ✓ **Cálculos.** Se calcula el contenido de humedad utilizando la siguiente formula:

$$CH \% = \frac{m1-m2}{m2} * 100 \quad (1)$$

Donde:

m1= masa en gramos de la muestra antes re realizar el secado en estufa.

m2 = masa en gramos de la muestra después de realizar el secado en estufa.

- **método B - secado en estufa (secundario)**

- ✓ **Equipos**

- ❖ **Estufa.** - se utiliza una estufa que pueda mantener una temperatura de (103 ± 2) °c durante todo el tiempo necesario para secar la muestra hasta alcanzar el punto final de secado (masa constante de la muestra)

- ❖ **Balanza.** - la resolución de la balanza deberá ser como mínimo de 0,1% de la masa nominal de la muestra seca en estufa.

- ✓ **Material de ensayo:** cualquier material de madera podrá ser utilizado; sin embargo, la resolución de lectura de la balanza deberá ser coherente con la precisión deseada.

- ✓ **Procedimiento**

- Las muestras a ser equilibradas deben ser procesadas tal como se indica en la guía.

- Conserve las muestras en recipientes herméticos individualmente o en una envoltura adecuada en el caso de que se pudiese producir algún retraso entre muestreo y el pesaje

- Punto final, se asume que la muestra ha alcanzado este punto cuando, al realizar el pesaje de la muestra en intervalos de aproximadamente 4 horas, no se aprecian cambios considerables en la masa de la misma.

- Procedimientos para la manipulación y pesaje, las muestras secas se pesarán tan pronto como sea posible para minimizar la absorción de humedad.

- ✓ **Cálculos.** Se calcula el contenido de humedad utilizando la siguiente fórmula:

$$CH\% = \frac{m_1 - m_2}{m_2} * 100 \quad (2)$$

Donde:

m1= masa en gramos de la muestra antes de realizar el secado en estufa.

m2= masa en gramos de la muestra después de realizar el secado en estufa.

- **Muestreo**

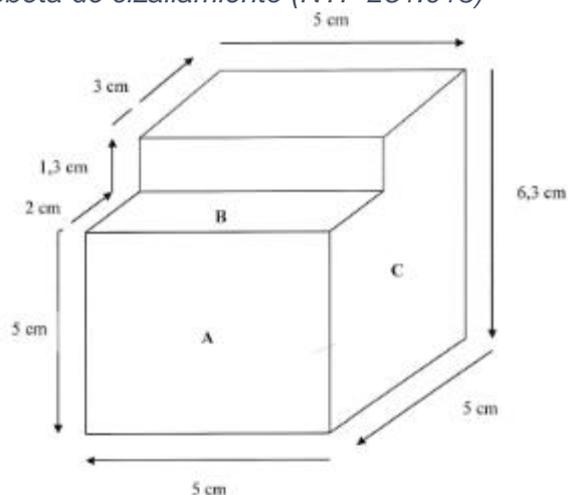
Para ello se tendrá en cuenta el método indicado en la NTP 251.008 y NTP 251.009.

2.2.2.4 procedimiento para calcular el cizallamiento paralelo al grano (NTP 251.013-2015) (INACAL, 2015)

- **Métodos para el ensayo**

- **preparación de las probetas.** - Los ensayos de cizallamiento, se realizarán en probetas de 5 cm x 5 cm x 6.5 cm, recortadas en una de sus caras en la forma indicada en la figura 1, cuidando que la superficie de A, B y C resultantes sean perpendiculares al grano.

Figura 1:
Probeta de cizallamiento (NTP 251.013)

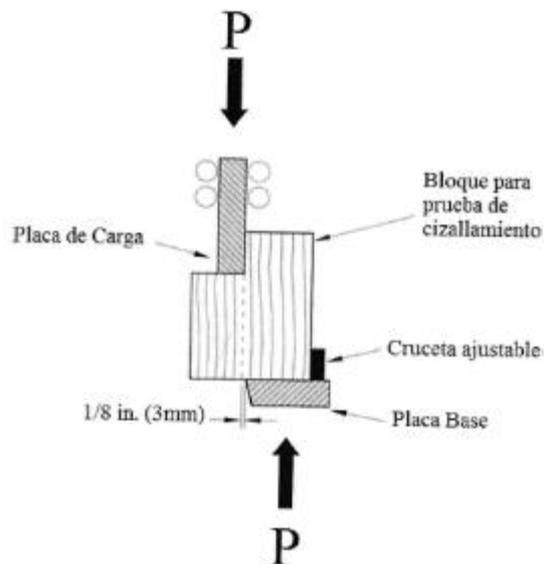


Fuente: INACAL 2015

- **cantidad de muestras.** – la cantidad de muestras a ensayar se determinará de acuerdo a la exactitud que se quiera alcanzar en la prueba, de acuerdo a lo establecido en la NTP 251.008.
- **Equipos:**
 - ✓ **Máquina de ensayo universal.** - capaz de ejercer una fuerza mayor a 2000.00 Kg con 2 crucetas, una fija y una móvil y un dispositivo que pueda variar la velocidad lineal de la cruceta móvil.
 - ✓ **Cizalla.** - herramienta necesaria para este ensayo, las características se indicadas en la figura 2, compuesta de una pieza ubicada en el centro que este móvil, soldada a la cruceta superior de la máquina de ensayo universal, en su interior posee una cizalla libre de moverse sobre un semicírculo.

Figura 2

Ensayo de cizallamiento paralelo al grano (NTP 251. 013)



Fuente: INACAL 2015

- ✓ **Velocidad del ensayo.** – la velocidad para dicho ensayo se aplicará en forma continua durante el ensayo de modo que la cizalla se desplace a razón de 0.6 mm por minuto. Solo se tomará nota la fuerza máxima aplicada, hasta el momento en que se da la falla.
- ✓ **Procedimiento.** - Se colocará la muestra en el dispositivo de cizallamiento de tal forma que la cara transversal reciba la fuerza de la cizalla. Las muestras deben quedar fuertemente presionadas al accesorio por medio de 2 tornillos que harán fuerza sobre la cara

lateral. Entre la probeta y la pieza móvil que sostiene la cizalla debe dejarse un espacio de 3 mm. Se deberá tomar nota del tipo de falla.

- **Cálculo de la resistencia al cizallamiento.** - Para obtener el módulo de rotura se calculó con la formula siguiente:

$$\text{Resistencia Cizallamiento} = \frac{P}{A} \left(\frac{Kg}{cm^2} \right) \quad (3)$$

Donde:

P = peso máximo soportado por la muestra en kg.

A = superficie en que se origina el cizallamiento en cm².

- **Contenido de humedad.** – una vez realizado el ensayo se debe determinar el contenido de humedad de la probeta.

2.2.2.5 procedimiento para calcular la compresión axial o paralela al grano (NTP 251.014-2014) (INACAL 2014)

- **procedimiento para el ensayo**
 - **acondicionamiento de las muestras:** las pruebas de compresión paralela al grano se realizará con muestras de 5cm x 5cm de sección y 20cm de longitud (luz 15 cm) bajo el método primario, y de 2,5cm x 2,5cm y 10cm de longitud (luz 7,5cm) bajo el método secundario. Las medidas de las muestras deben ser medidas en el momento del ensayo.
 - **cantidad de probetas:** la cantidad de muestras a ensayar estará determinado por la exactitud que se quiera alcanzar en el ensayo de acuerdo a la NTP 251.008.
 - **Equipos:**

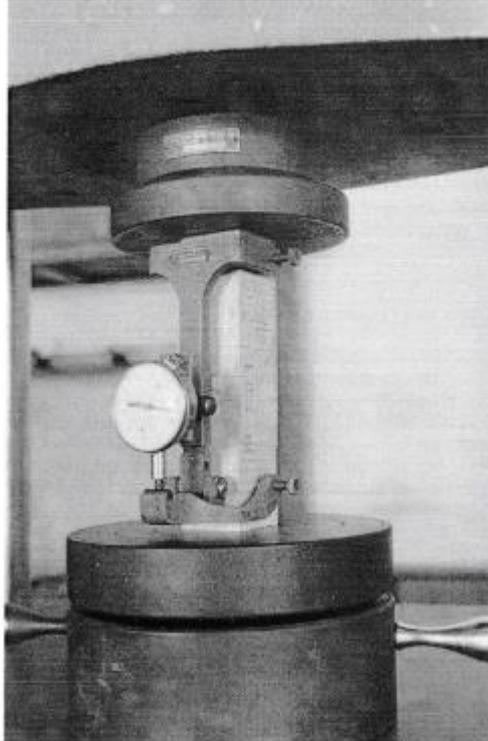
Para la determinación de la compresión axial o paralela al grano se necesita el siguiente instrumental:

 - ✓ **Máquina de ensayo universal:** capaz de ejercer una fuerza mayor a los 2000 Kg con dos crucetas, una fija y una móvil, debiendo tener mecanismo que permita regular la velocidad lineal de la cruceta móvil. Una de las crucetas por lo menos deberá estar provista de un

cabezal de articulación esférica que permita una distribución uniforme de la carga (ver figura 3).

Figura 3

Probeta compresión axial o paralela a grano (NTP 251.014-2014)



Fuente: INACAL 2014

- ✓ **Medidor de deflexión:** capaz de medir la deformación que se va produciendo en la probeta durante el ensayo con una precisión de 0,002 mm, pudiendo ser un dispositivo dial-métrico (deflectómetro) o un dispositivo electrónico tipo extensómetro. Al montarse el deflectómetro sobre la probeta, deberá haber entre sus abrazaderas una separación o luz de 15 cm en el caso de probetas del método primario, y de 7,5 cm para probetas del método secundario.
- **Procedimiento:** la carga se aplicará sobre las bases del prisma, es decir sobre una de las caras transversales de la probeta. La carga debe aplicarse en forma continua durante todo el ensayo, a razón de 0,6 mm/min para el caso de probetas del método primario, y 0,3 mm/min para probetas del método secundario.
- ✓ **Descripción de las roturas por compresión:** para un mejor entendimiento de los resultados, es necesario hacer una descripción

de la manera en que se produce la falla. Para esto se dibuja esquemáticamente la falla en el formato de ensayo de compresión axial. En el caso que haya dos roturas o más, se describe en el orden en el que ocurren.

- ✓ **Cálculo del esfuerzo al límite proporcional y la resistencia máxima por compresión axial:** el esfuerzo al límite proporcional (ELP) y la resistencia máxima (RM) por compresión axial se determina aplicando las siguientes formulas:

$$ELP = \frac{P'}{A} \quad (4)$$

$$RM = \frac{P}{A} \quad (5)$$

Donde:

ELP = esfuerzo al límite proporcional, en Kg/cm².

RM = resistencia máxima por compresión axial, en Kg/cm².

P' = carga soportada por la probeta hasta el límite proporcional, en Kg.

P = carga máxima soportada por la probeta, en Kg.

A = es el área de la sección transversal de la probeta calculada antes del ensayo, en cm².

- ✓ **cálculo de la cantidad de humedad en la muestra:** culminado la prueba de cada probeta, se cortará de la misma un prisma de 2 cm de altura sin fallas, cuyas superficies y aristas deberán ser debidamente lijadas con el propósito de despojar las astillas y otras fallas. Luego se determinará el contenido de agua de la muestra según lo establecido en la NTP 251.010.

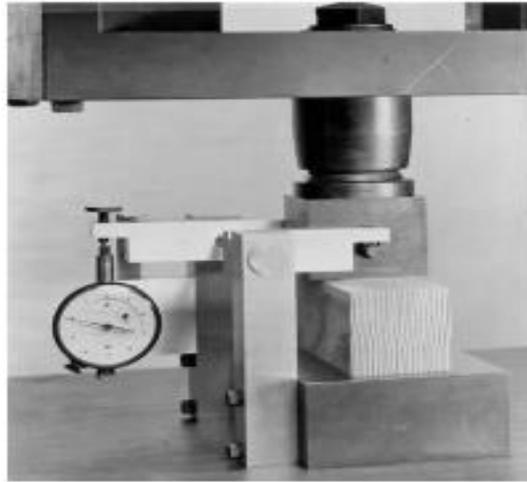
2.2.2.6 procedimiento para calcularla compresión perpendicular al grano (NTP 251.016-2015) (INACAL 2015)

- **procedimiento para el ensayo**
 - **Acondicionamiento de las muestras:** las pruebas de compresión perpendicular al grano se realizarán en testigos en forma de prisma rectos de 5 cm x 5 cm de sección y de 15 cm de longitud, contruidos de tal modo que las caras sean paralelas al grano y la cara restante de las caras sea paralela también a los anillos de desarrollo de dicho árbol.
 - **Numero de probetas:** la cantidad de testigos a ensayar estará dado por la exactitud que se quiera lograr en dicho ensayo, de acuerdo a la NTP 251.008.
 - **Equipos:**
Para realizar dicho ensayo es necesario disponer de los equipos siguientes:
 - ✓ **Máquina de ensayo universal:** una prensa capaz de ejercer una fuerza mayor a 2000.00 Kg con dos crucetas, una fija y una móvil, y una válvula o herramienta que pueda regular la velocidad lineal de la cruceta móvil.

El equipo consiste en un aparato como el indicado en la figura 4 compuesto por una pieza metálica maciza, que sirve de base a todo el aparato. Una pieza metálica de presión en forma de prisma recto de 5 cm x 5 cm de base, medido con la precisión requerida por la exactitud del ensayo, y de 5 cm de altura, con un orificio de 1,5 cm de diámetro que pasa de una de las caras laterales a la opuesta, en cuyo interior va alojado un cilindro metálico macizo de 1,00 cm de diámetro con un eje en su parte central que lo permite bascular libremente.

Figura 4:

Probeta ensayo de compresión perpendicular al grano (NPT 251.016)



Fuente: INACAL 2015

- ✓ **Medidor de deflexión:** capaz de medir la deformación que se va produciendo en la probeta durante el ensayo con una precisión de 0.002mm, pudiendo ser un dispositivo dial-métrico (compresómetro) o un dispositivo electrónico tipo extensómetro.
- **Procedimiento:** se colocará la probeta sobre la base de la máquina de ensayos, de tal manera que la fuerza sea aplicada sobre la cara radial. Sobre la probeta se coloca la pieza de presión, perfectamente centrada.
- ✓ **Velocidad de ensayo:** se acondiciona la prensa de tal modo que una de las crucetas toque ligeramente la pieza de fuerza, en este instante debe ajustarse el medidor de deflexión al valor de cero. Se acondiciona nuevamente la prensa a la velocidad de ensayo de 0,3 (mm/min), la que debe mantenerse constante a lo largo del mismo.
- ✓ **Curva de la carga – deformación:** se debe registrar de manera automática durante todo el ensayo, las cargas progresivas aplicadas en la probeta con las respectivas deformaciones que se va produciendo en la misma. Con estos valores se deberá elaborar una gráfica de cargas vs deformación por cada probeta ensayada.
- **Cálculos:** el esfuerzo al límite proporcional obtenido en el ensayo debe ser calculado con la siguiente formula:

$$ELP = \frac{P'}{S} \quad (6)$$

Donde:

ELP= es el esfuerzo al límite proporcional en Kg/cm²

P´= es la carga al límite proporcional

S= es la superficie impresa sobre la probeta por la pieza de presión medida en cm².

- **Determinación de la carga al límite proporcional:** se determina sobre la curva carga – deformación, trazando una tangente desde cero y que corresponde al punto de carga donde la tangente se separa de la curva.

2.2.2.7 procedimiento para calcular la flexión estática (NTP 251.017 - 2014) (INACAL, 2014)

- **Métodos de ensayo**
 - **Tamaño de las probetas:** la prueba de la flexión estática se realiza con probetas de 5cm x 5cm x 76cm de longitud (luz 70 cm) bajo el método primario, o con probetas de 2,5cm x 2,5cm x 41cm de longitud (luz 35 cm) bajo el método secundario.
 - **Cantidad de muestras:** la cantidad de muestras a ensayar estará determinado por la exactitud que se quiera lograr en el ensayo, según la NTP 251.008
 - **Equipos:**
 - ✓ **Máquina de ensayo universal:** capaz de ejercer una fuerza mayor a los 2000.00 Kg, con dos crucetas, una fija y otra móvil, debiendo tener un mecanismo que permita regular la velocidad lineal de la cruceta.
 - ✓ **Accesorios:**
 - **Soportes:** compuestos de 2 apoyos idénticos entre sí, con una prolongación en sus bases con los cuales se asientan en una barra metálica ranurada en toda su longitud, de modo tal que permita el libre desplazamiento de los mismos.
 - **Dispositivos de apoyo de probetas:** pueden consistir en placas de acero con rodillos o cualquier otro accesorio que reduzca al

mínimo los esfuerzos de roce entre la probeta de ensayo y los soportes.

Las placas de acero con rodillo deben estar conformadas por:

- Dos placas metálicas de 5.6 cm x 5.7 cm de lado y de 0.9 cm de espesor, con las superficies mayores planas, pulidas y paralelas entre sí.
 - Una armadura central constituida por un conjunto de rodillos metálicos que pueden girar libremente alrededor de su eje longitudinal.
- ✓ **Cabezal o bloque de carga:** su función es transmitir a la probeta de ensayo la fuerza producida por la prensa. Debe estar construido en metal o madera cuyo peso específico no sea inferior a 1, debiendo asegurarse firmemente a la cruceta móvil con cualquier dispositivo adecuado, de manera tal que la generatriz de su superficie cilíndrica sea perpendicular al eje longitudinal de la probeta. Para la aplicación de la fuerza en probetas de 5x5x76 cm debe utilizar un cabezal o bloque de carga.
- ✓ **Medidor de deflexión:** capaz de medir la deformación que se va produciendo en la probeta durante el ensayo con una precisión de 0.02mm, pudiendo ser un dispositivo dial-métrico (compresómetro) o un dispositivo electrónico tipo LVDT (transformador Diferencial de Variación lineal).
- **Procedimiento**
 - ✓ **Ubicación del plano neutral:** se efectuará la ubicación del plano neutral, utilizándose cualquier método conveniente para determinar las deformaciones a partir de este plano.
 - ✓ **Aplicación de la carga y soporte:** la carga se aplicará en el centro de la muestra (distancia entre soportes de 35 cm) para probetas grandes y (distancia entre los soportes de 17,5 cm) para probetas pequeñas.
 - ✓ **Velocidad del ensayo:** en el ensayo de flexión estática, se aplicará la carga continuamente a las probetas con una velocidad constante de la cruceta móvil de la prensa de 2,5 mm/min para probetas de 5 x 5 x 76 cm.

- ✓ **Curva de la carga – deformación:** se debe registrar de manera automática, durante todo el ensayo de flexión estática, las cargas progresivas aplicadas en la probeta con las respectivas deformaciones que se va produciendo en la mitad de la luz de la misma, con estos datos se deberá elaborar una gráfica de carga vs deformación por cada probeta ensayada.
- ✓ **Descripción de la falla en la probeta:** para un mejor entendimiento de los resultados, es necesario hacer una descripción de la forma en que se produce la falla, dibujando esquemáticamente la falla en un formato de ensayo de flexión estática.
- ✓ **Determinación del contenido de humedad de la probeta:** terminado el ensayo de cada probeta, de la parte sin grietas y cercana a la zona donde ha ocurrido la falla, se corta una probeta de 2 cm de largo. Se determinará el contenido de humedad de la probeta según lo establecido en la NTP 2510.010.
- **expresión de resultados**
 - ✓ **cálculo de la fuerza proporcional al límite proporcional (P’):** la carga al límite proporcional, se determina sobre la curva carga – deformación, trazando una tangente desde cero y que corresponde al punto de carga donde la tangente se separa de la curva.
 - ✓ **Cálculo del esfuerzo de la fibra al límite proporcional (ELP):** El esfuerzo de la fibra al límite proporcional se calcula mediante la fórmula siguiente.

$$ELP = \frac{3P'L}{2ae^2} \quad (7)$$

Donde:

ELP: esfuerzo de la fibra al límite proporcional en Kg/cm².

P’: carga al límite proporcional en kg.

L: Distancia entre soportes, luz de la probeta en cm.

a: Ancho de la muestra en cm.

e: espesor de la muestra en cm.

✓ **Cálculo del módulo de rotura (MOR)**

$$MOR = \frac{3PL}{2ae^2} \quad (8)$$

Donde:

MOR: módulo de ruptura en kg/ cm².

P: carga máxima en kg.

L: distancia entre soportes, luz de la probeta en cm.

a: ancho de la probeta en cm.

e: espesor de la probeta en cm.

✓ **Cálculo del módulo de elasticidad (MOE)**

$$MOE = \frac{P'L^3}{4ae^3Y} \quad (9)$$

Donde:

MOE: módulo de elasticidad en kg/cm²

P': carga al límite proporcional en kg.

L: distancia entre soportes cm.

a: ancho de la probeta en cm.

e: espesor de la probeta en cm.

Y: deflexión en el centro de la luz al límite proporcional en cm.

2.2.2.8 Determinación de la tensión paralela a las fibras (251.085- 2017)
(INACAL, 2017)

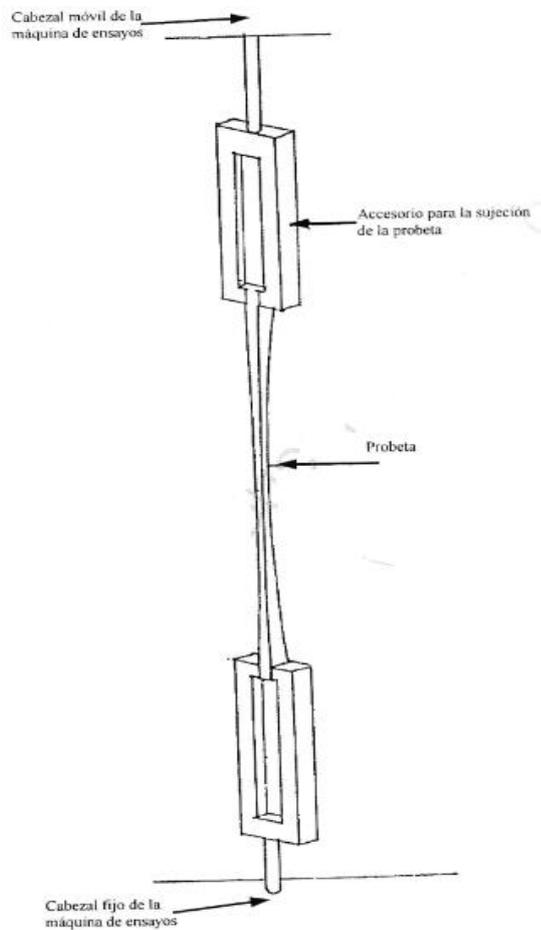
- **Aparatos**

Para la ejecución de la prueba se necesita lo siguiente:

- Una prensa de ensayo con una capacidad superior a los 2000 kg de carga.
- Un dispositivo para la aplicación de la carga como como se indica en la figura 5.

Figura 5:

Esquemas del ensayo de tensión paralela a las fibras (NTP 251.085)



Fuente: INACAL 2017

- Un extensómetro de 22.5 mm de carrera y de 0.025mm de aproximación.

- **Extracción de muestras**

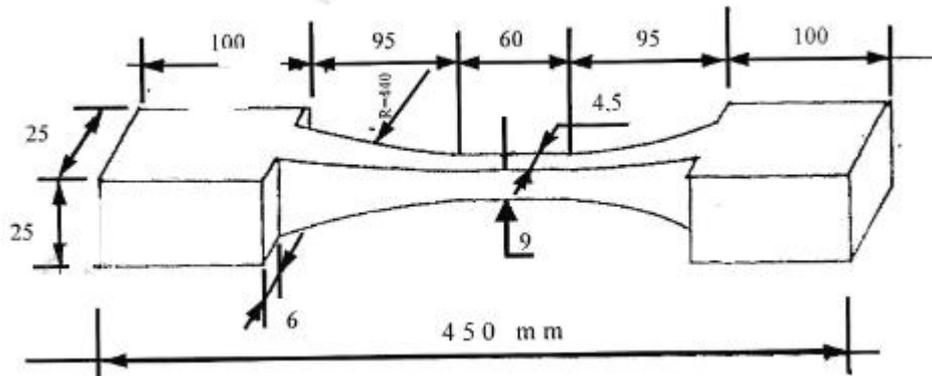
Para la extracción de muestras se sede utilizar la NTP 251.008.

- **Preparación y conservación de las muestras**

- **Tamaño de las probetas:** los ensayos se deben realizar utilizando las probetas cuyas dimensiones se indican en la figura 6.

Figura 6

Dimensiones de las probetas (NTP 251.085)



Fuente: INACAL 2017

- **Acondicionamiento de las probetas:** debe acondicionarse conforme a lo establecido en la NTP 251.009, la dirección de las fibras debe estar en el mismo sentido de la dimensión mayor de la probeta.

- **Procedimiento**

- **Método de prueba:**

- ✓ se mide el espesor "a" y el ancho "b" de cada muestra en el centro del eje de la misma (las medidas son expresiones en milímetros).
- ✓ Se mide la deformación de la probeta con la ayuda de los extensómetros los cuales deben estar ubicados en ambas caras de la muestra, ver figura 5
- ✓ Se aplicará la carga a la misma velocidad hasta la ruptura de la probeta, se registrará esta carga.

- **Curva carga – deformación**

- ✓ Se determina P' (esfuerzo en el límite proporcional) usando los datos establecidos en la NTP 251.009. P' es el punto donde la recta proveniente de los primeros datos pierde su linealidad.

✓ Se determina P (esfuerzo de rotura), que es la carga a la cual se rompe la probeta o cuando la curva carga deformación comienza a aumentar en forma decreciente.

- **Velocidad de prueba**

La velocidad de la prueba debe ser de 1 mm/min.

- **Expresiones de resultado**

El módulo de elasticidad MOE y el módulo de ruptura MOR deben ser expresados en kg usando las siguientes formulas:

$$MOE = \frac{P'L}{a.b.\Delta} \quad (10)$$

$$MOR = \frac{P}{a.b} \quad (11)$$

Donde:

MOE= módulo de elasticidad, en Kg/cm².

P´=carga en el límite proporcional, en Kg

Δ= incremento constante de la deformación en cm

a= espesor de la probeta en cm

b= ancho de la probeta en la sección reducida, en cm

P= carga de rotura de la probeta en Kg.

L=distancia entre abrazaderas 4n cm

MOR=módulo de ruptura, en Kg

2.2.2.9 Determinación de la tensión perpendicular a las fibras (NTP 251.086-2015) (INACAL, 2015)

- **Equipos**

Para la ejecución de la prueba se necesita lo siguiente:

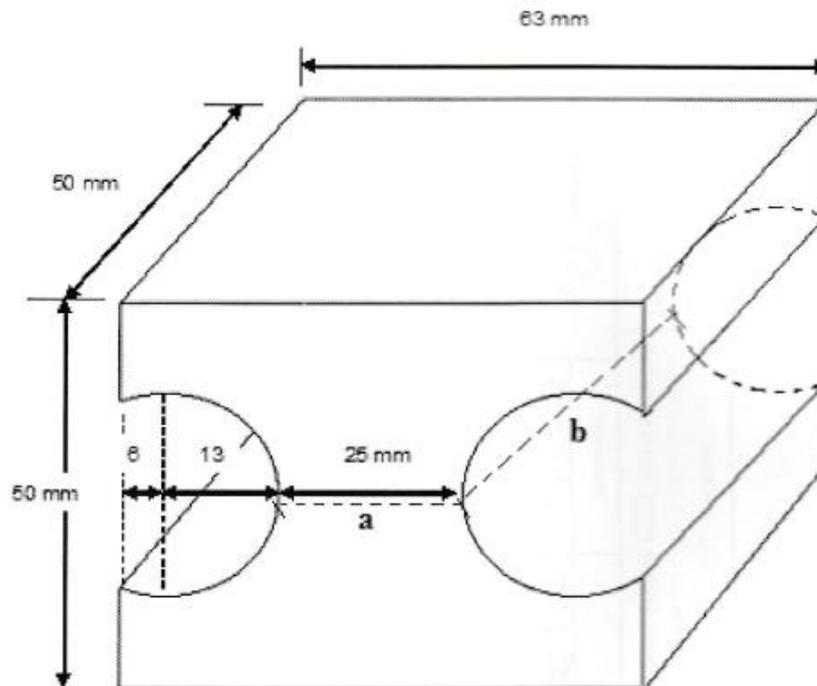
- Máquina de ensayo universal con una capacidad de carga superior a los 2000kg.
- Un dispositivo para la aplicación de la carga tal como se detalla en la figura.

- **Preparación y conservación de las muestras**

- **Tamaño de las probetas:** los ensayos se deben realizar utilizando probetas cuyas dimensiones se indican en la figura 7.

Figura 7

Dimensión de la probeta de tensión perpendicular a las fibras (NTP 251.086)



Fuente: INACAL 2015

- **Acondicionamiento de las probetas**

- ✓ Las probetas deben acondicionarse conforme a lo establecido en la NTP 251.009.
- ✓ la dirección de las fibras debe estar perpendiculares al sentido de aplicación de la carga de las probetas.

- **Procedimiento**

- **Método de prueba**

- ✓ Se miden las dimensiones de la sección mínima de las probetas (ver "a" y "b" en figura 7). Las medidas deben ser expresadas en milímetros.
- ✓ Se ubica la probeta en la mordaza y se centra correctamente.
- ✓ Se aplicará la carga progresivamente.

- ✓ Se aplicará la carga a la velocidad especificada hasta que la probeta falle. Se registra esta carga en un formato.
- **Velocidad de la prueba:** La velocidad de prueba debe ser de 2,5 mm/min.
- **Expresión de resultados:** la carga a la que se produjo la falla debe ser expresada en Kg. El esfuerzo de tracción o tensión (ET) se debe expresar en Kg/cm² y se calcula con la formula siguiente:

$$ET = \frac{P}{A} \quad (12)$$

Donde:

ET= esfuerzo de tracción.

P=carga a la que se produjo la falla en Kg.

A= área de la sección mínima (cm²).

2.2.3 Propiedades de la madera eucalipto

Manual de tecnología de la madera y materiales (2013, 7-8) son las siguientes:

2.2.3.1 Propiedades físicas de la madera

El eucalipto como todo ser vivo, crece y se desarrolla en distintos climas y variedad de terreno; pueden ser terrenos húmedos, secos, cálidos o fríos. El hábitat donde se crece el árbol, determina sus propiedades físicas y mecánicas.

La elección de una madera depende principalmente de sus propiedades y del pocedimiento que se siga en el proceso de su trabajo. Teniendo en cuenta esto las propiedades físicas son las siguientes.

- Flexibilidad, Higroscopicidad, Porosidad, Dureza, Humedad, Peso específico, Densidad o peso.

2.2.3.2 Propiedades mecánicas de la madera

Estas propiedades de la madera dependen estrechamente con el grado de humedad que contenga la madera y de su densidad o peso específico, Entré las principales propiedades mecánicas de la madera se menciona a las siguientes:

- Flexión, Compresión paralela a la fibra, Compresión perpendicular a la fibra, Torsión, Trabajabilidad de la madera, tracción, cortadura, Desgaste o cizallé, Deslizamiento longitudinal de las fibras, Resistencia al choque, Anisotropía.

2.2.4 Madera eucalipto

2.2.4.1 Características de la madera eucalipto

Sus propiedades físicas y mecánicas están marcadas por una fuerte anisotropía (propiedad de la madera según la cual cualidades como: elasticidad, temperatura varían según la direccionen que son examinadas) y heterogeneidad, además de la presencia de tensiones internas de desarrollo, las cuales son especialmente grandes en arboles jóvenes que tuvieron un crecimiento rápido. Desde el punto de vista de la apariencia, es una madera clara con color y tono parecido a la del roble. Las características más resaltantes son las siguientes. (Maderame, 2013)

- Semipesado.
- De color bastante uniforme.
- Pocos nudos y veteado continuo
- Grano medio.
- Aserrado difícil debido a la tensión propia del árbol
- La mejor forma de secar es contratamientos a base de vapor.
- Es resistente frente a hongos.
- Sin contacto al suelo dura hasta 50 años y con contacto hasta 20 años.

- **Propiedades físicas del eucalipto**

Tabla 5:

Propiedades físicas de la madera

	verde	seca al aire	anhidra	basica
densidad (g/cm ³)	1.16	0.73	0.7	0.55
contracción normal (%)	tangencial	radial	volumetrica	TR
	10.8	44	15.2	2.45
contracción total (%)	14.2	67	20.9	2.11

Fuente Gautibonza

- **Propiedades mecánicas del eucalipto**

Tabla 6:

Propiedades mecánicas de la madera (flexión estática y compresión)

condición	Flexión estática			COMPRESIÓN				
				PARAELA			PERPENDICULAR	
	ELP (Kg/cm ²)	MOR (Kg/cm ²)	MOE (Kg/cm ²)	ELP (Kg/cm ²)	MOR (Kg/cm ²)	MOE (Kg/cm ²)	ELP (Kg/cm ²)	MOR (Kg/cm ²)
Verde +30%	383	702	104	232	288	58
Seco al aire 12%	509	1068	138	337	470	80

Fuente Gautibonza

Tabla 7:

Propiedades mecánicas de la madera (dureza, cizalladura y tenacidad)

condición	dureza		cizalladura (Kg/cm ²)		tenacidad Kg-m		extracción de clavos Kg	
	lados	Tang extrem	Tang	radial	Tang	radial	lateral	estremos
verde+30%	478	-----	480	-----	97	-----	4.81	-----
seco al aire libra 12%	442	-----	557	-----	117	-----	3.45	-----

Fuente Gautibonza

Donde:

ELP: Esfuerzo en limite proporcional

MOR: Módulo de ruptura

MOE: Módulo de elasticidad (MOE)

2.2.5 La madera

2.2.5.1 Características de la madera

Las características primordiales, que permiten identificar a los distintos tipos de madera son: La textura, el color, el grano, el diseño, el sabor y el olor.

- ❖ **La textura.** – tamaño de los componentes anatómicos de la madera. La textura puede ser textura mediana, textura gruesa y textura fina. La textura gruesa es cuando los elementos de la madera son muy grandes y se ven fácilmente, mientras que la textura fina, los elementos casi no se diferencian, dando una apariencia homogénea; y por último la textura mediana es una situación media entre la textura gruesa y la fina. (Medina, 2013)
- ❖ **El grano.** – es el sentido que poseen los distintos elementos anatómicos con respecto al tronco, el grano es lo que influye en las propiedades mecánicas de la madera y en la facilidad de trabajo en la misma; existen distintas formas de grano. (Campos, 2007)
 - ✓ **Grano recto.** – cuando los componentes se ubican paralelos al centro del árbol, la madera con esta forma de grano presenta buena resistencia mecánica y facilidad de trabajo.
 - ✓ **Grano inclinado.** – en este caso los componentes de la madera forman un cierto ángulo, la madera de este tipo de grano tendrá mayor resistencia mecánica y mayor dificultad de trabajabilidad.
 - ✓ **Grano entrecruzado.** – en este caso como en el anterior los elementos de la madera también forman un ángulo, pero en este caso cada anillo es en forma opuesta al anillo anterior.
 - ✓ **Grano irregular.** – los elementos de la madera se encuentran en forma irregular, siendo este tipo de grano el que se presenta en los nudos, ramificados del tronco.
- ❖ **El diseño.** – es el dibujo que presenta la madera al ser talada, esto se debe principalmente al modo de talado y a la distribución de los componentes anatómicos, es decir, al grano.

2.2.5.2 Composición y estructura de la madera

- **Composición de la madera:** menciona: es una sustancia fibrosa, organizada, producido por organismos vivos que son los árboles. El origen vegetal de la madera, hace de ella un material con unas características peculiares que la diferencia de otros de origen mineral. Los elementos orgánicos que lo componen son: (campos 2007, p.5)

Celulosa: 40-50%

Lignina: 25-30%

Hemicelulosa (hidratos de carbono): 20-25%

Carbono: 46-50%

Oxígeno: 38-42%

Hidrógeno: 6%

Nitrógeno: 1%

Otros componentes: 10%

- **Estructura desde el punto anatómico y químico:**

Campos Cisneros menciona: La madera es un material complejo esto desde un aspecto anatómico y químico. De la composición anatómica dependen las propiedades de resistencia mecánica, resistencia a la penetración del agua, resistencia a la putrefacción, calidad de la pulpa y la reactividad. (2017, p. 12)

Las células que la conforman son componentes estructurales de la madera las cuales son de forma y tamaño distinto y crecen unidas entre sí, estas células pueden estar vacías o parcialmente ocupadas.

- **Estructura de la madera:**

Pupo Pérez, menciona: La estructura de la troza de la madera es heterogénea y, al efectuar un corte transversal de la madera, se aprecian distintas zonas y partes, cumpliendo cada una de estas partes una función en el desarrollo del árbol y por tanto en la formación de la madera. La composición de la cual se compone la madera es la siguiente: (2012, p.2)

- **Corteza externa:** Es la capa más externa del árbol. Está compuesta por células muertas del mismo árbol. Esta capa ayuda para la protección contra las inclemencias atmosféricas.
- **Cambium:** es la capa que sigue a la corteza y da origen a otras dos capas: la capa xilema, que conforma a la madera, y una capa exterior o capa de floema, la cual conforma a la corteza de la madera.
- **Albura:** es la madera y por ella se transportan los compuestos de la savia, la cual es una sustancia azucarada, la albura es una capa más blanda porque en esta parte hay más savia que en cualquier otra parte de la madera.
- **Duramen o corazón:** es la madera resistente y consistente. Está formado por células inactivas y se hallan en el centro del árbol, en esta parte la savia ya no fluye.
- **Medula vegetal.** – es la zona central del tronco.

- **Clasificación de la madera**

- Campos Cisneros, menciona: Las maderas pueden clasificarse de distintas formas esto según el criterio que se utilice. Uno de los criterios más importantes es el de sus propiedades, las cuales están en función de su estructura, es decir de su textura. La textura dependerá a su vez del modo de desarrollo del árbol, de acuerdo a esto las maderas se dividen en: (2007, p.17)
 - ✓ **Maderas resinosas:** maderas de crecimiento lento propio de zonas frías o templadas, estas maderas poseen buenas características para ser trabajadas además poseen buena resistencia mecánica, este tipo de madera es la más usada en la construcción.

- ✓ **Maderas frondosas:** son maderas propios de zonas templadas, dentro de las cuales se diferencian tres grupos de madera: madera dura, blanda y fina.
 - ✓ **Maderas exóticas:** son las maderas de buena calidad las cuales permiten mejores trabajos de acabados, en este grupo tenemos las maderas como, caoba el ébano, etc.
- **Características mecánicas de la madera.**

Medina Sánchez, menciona: La madera es un material visco-elástico. Es elástico porque se deforma proporcionalmente a la carga aplicada (siempre que su tensión de trabajo sea inferior a su límite elástico), recuperando su forma inicial al retirar la carga. Pero también es plástico, porque si la carga se mantiene en el tiempo, la deformación se va incrementando poco a poco, de forma considerable comparado a otros materiales. Por ello en el cálculo de estructuras de madera se tiene en cuenta cual va a ser la duración de las cargas a las que va a estar sometida. (2013, pp. 8-10)

Se distingue las siguientes cargas:

- **Cargas instantáneas.** - Son las que duran solo unos segundos, como por ejemplo las acciones de los sismos.
- **Cargas de corta duración.** - Duran menos de una semana, como las cargas de nieve en las localidades de menos de 1000 metros de altitud, y las acciones de viento.
- **Cargas de duración media.** - Duran más de una semana y menos de seis meses, como la sobrecarga de uso (en realidad, una parte de la sobrecarga de uso es permanente y otra de corta duración).
- **Cargas de larga duración.** - Duran más de seis meses y menos de diez años. Se aplica a las estructuras provisionales.
- **Cargas permanentes.** - Duran más de diez años. Se refiere al peso propio de la estructura y de los elementos constructivos.
-

- **Proceso de obtención de la madera**

El proceso que se tiene en cuenta desde la extracción de la madera de los bosques, como materia prima, hasta la obtención de tablones, como insumo para ser trabajado, en la construcción de viviendas es el siguiente:

- **Tala:** es la primera operación para la obtención de la madera, y la calidad de esta dependerá del aspecto y composición del árbol y de la época de talado, la tala es el corte del árbol desde la base de este.

Para la tala hay que tener en cuenta que un árbol es un ser viviente, por lo que necesita tiempo para su crecimiento, esto implica que hay que talarlos en su madurez, para tal caso existen varios métodos de tala, siendo los más representativos.

- ✓ **Método de tala parcial:** consiste en seleccionar un lugar adecuado donde poder realizar la tala y luego dividir en parcelas y dependiendo del ciclo de vida del árbol, se talará la superficie correspondiente.

- ✓ **Método de tala selectiva:** este método consiste en talar y transportar según el tamaño y calidad de todas las zonas de los bosques. Además de esto, debe realizarse una conservación de la masa del árbol, como cortar árboles de gran tamaño, que han alcanzado un crecimiento cercano al límite, así con esto se logrará disminuir la competencia por la luz y el agua, dando así lugar a un mejor crecimiento.

- **Transporte:** para sacar la madera del lugar de obtención y trasladarlo al lugar de tratamiento se utilizará maquinaria especializada capaz de alcanzar cualquier zona de monte. Estos son transportados por carretera, ferrocarril o por agua a su destino.

- **Descortezado:** esto se realiza con rodillos especiales para realizar esta operación se hace en aserradero.

- **Secado:** para poder hacer uso de las tablas y tablones que servirán para la construcción, es necesario reducir el contenido de humedad hasta un valor menor al 15%. Con esto se consigue evitar agrietamientos posteriores, disminuir el peso, en el transporte incrementa la resistencia a diferentes tipos de esfuerzos. Hay tres métodos de secado.

- ✓ **Secado natural (al aire libre):** apilando tablas y tablones en un espacio con buena ventilación, aislados del suelo y con espacios para que fluya el aire. Es un proceso lento, pero con buenos resultados
- ✓ **Secado artificial:** con este método se elimina el contenido de humedad de forma más rápida, y se consigue muy buenos resultados, pero las instalaciones son más costosas. El secado se realiza por varios métodos, como aire caliente, vapor de agua, ozono y calentamiento eléctrico.
- ✓ **Secado mixto:** es una combinación de los dos métodos anteriores. El secado de la madera es un tratamiento con el cual se elimina el agua y la savia de modo que esta quede protegida del ataque de insectos, hongos, etc.
- **Cepillado:** es el último paso. Después del secado se elimina las irregularidades y se da a la madera un buen trabajo de acabado y las medidas adecuadas mediante un cepillado adecuado.
- **Ventajas de la madera en las estructuras manual de diseño para madera del grupo andino**
 - La madera es un aislante tanto del calor como del frío, es el material más utilizado en las obras de reciclaje. Por otra parte, es liviana no es gravosa sobre la estructura existente y las obras de madera se la puede considerar como una estructura fácilmente desmontable y por lo tanto puede ser una construcción no permanente.
 - La utilización de la madera para estructuras está indicada para zonas con riesgo sísmico, ya que gracias a que el material es liviano y de reducida masa, por lo tanto, tiene un elevado coeficiente ante la presencia de sismos.
 - Con respecto a su peso específico, la madera tiene excelentes características de resistencia mecánica y además de esto, tiene excelentes características como aislante térmico. Las estructuras relacionadas con la construcción de madera pueden ser prefabricadas, lo cual significa un ahorro, tanto en el aspecto de costo y un ahorro en tiempo.

2.3 DEFINICIÓN DE CONCEPTOS

- **Densidad básica.** - Es la relación que existe entre la masa anhidra existente en una pieza de madera y su volumen verde. Se expresa en g/cm³.
- **Esfuerzo básico.** - Es el resultado del esfuerzo mínimo obtenido de ensayos de propiedades mecánicas que sirve como base para la obtención del esfuerzo admisible. Este mínimo corresponde a un límite de exclusión del 5% (cinco por ciento).
- **Esfuerzo admisible.** -Son los esfuerzos de diseño del material para cargas de servicio, definidos para los grupos estructurales. (Norma E.010, P. 167)

$$\text{Esfuerzo Admisible} = \frac{F.C \times F.T}{F.S \times F.D.C} \times \text{Esfuerzo básico} \quad (13)$$

Donde:

F.C.= coeficiente de reducción por calidad (defectos). Relación entre el esfuerzo resistido por elementos a escala natural, vigas, por ejemplo, y el correspondiente esfuerzo para probetas pequeñas libres de defectos.

F.T.= coeficiente de reducción por tamaño. expresa la reducción en los esfuerzos soportados por una pieza en función de su altura.

$$F.T. = (50/h)^{1/9} \quad (h \text{ en mm})$$

F. S= coeficiente de seguridad

F.D.C= coeficiente de duración de carga.

Tabla 8:

Coefficientes para la determinación de esfuerzos admisible

	FLEXIÓN	COMPRESIÓN PARALELA	CORTE PARALELO	COMPRESIÓN PERPENDICULAR
F.C	0,80	*	*	*
F.T	0,90	*	*	*
F.S	2,00	1,60	4,00**	1,60
F.D.C	1,15	1,25	*	*

Fuente: NORMA E.010 de la madera

- **Madera estructural o madera para estructuras.** - Es aquella que cumple con lo establecido en el RNE, con características mecánicas aptas para soportar cargas.
- **Madera húmeda.** - Es aquella cuyo contenido de agua o humedad es mayor al del equilibrio higroscópico.
- **Madera seca.** -Es aquella cuyo contenido de humedad es menor o igual al existente en el equilibrio higroscópico.
- **Módulo de elasticidad mínimo (E mínimo).** - Es el menor valor obtenido para las especies del grupo de los resultados obtenidos de ensayos de flexión.
- **Módulo de elasticidad promedio (E promedio).** -Es el menor valor promedio obtenido de la especie del grupo. Este valor corresponde al promedio de los resultados de los ensayos de flexión.
- **Corteza.** -Parte del tronco de la madera compuesta por tres capas: el floema (conocido como vasos liberianos y se ocupa del transporte de nutrientes), el felógeno (tejido meristemático secundario) y el cambium vascular (capa fina y transparente), la corteza representa entre el 10 y el 15% del peso del árbol. La corteza es la capa más exterior de la madera. Protege a la madera de las agresiones externas (Pupo y Rojas 2012, p.2).
- **Madera.** - La madera es la parte más sólida y fibrosa de los árboles y se ubica debajo de la corteza, es un material con alta resistencia a los daños biológicos, es el conjunto de tejidos orgánicos que conforman la masa de

los troncos de los árboles, desprovistos de corteza y hojas; es una materia de origen vegetal. La cual está constituida por celulosa, sustancia que constituye el esqueleto de los vegetales y lignina, componente que le proporciona dureza y rigidez a la madera. (Campos 2007,3).

- **Madera aserrada.** - La madera es el elemento más común de los productos de madera elaborada, es fácil de producir y el que se utiliza desde hace mucho tiempo atrás. Continúa siendo la forma más común de elaboración en madera: unos dos tercios de toda la madera elaborada industrialmente en el mundo es aserrada. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura)
- **Madera laminada encolada.** - Son elementos estructurales formados por láminas o listones de madera aserrada encolados en varias capas superpuestas hasta conseguir el canto de escuadría necesaria con la dirección de fibras básicamente paralelas. Por razones de economía y secado el espesor de las láminas oscila habitualmente entre un mínimo de 19 mm y un máximo de 45 mm (Medina, 2013, p.23).

Los materiales que se utilizan para su elaboración son madera maciza estructural, adhesivos estructurales, productos de protección y productos de acabado.

- **Madera eucalipto.** - el eucalipto es una madera de gran resistencia, apta para exteriores. Es la madera que tiene uno de los mayores potenciales de explotación, es utilizada para la elaboración de vigas, columnas, tablas y otros elementos de construcción. Es la madera más difundida por la región andina en países como Colombia, Ecuador y Perú (Diario Maderame).
- **Flexión.** - Es el trabajo que se impone a una pieza de madera, descansando sobre apoyos, soporta un peso uniforme repartido en su longitud o situado solo en un punto, o sobre varios puntos.
- **Compresión paralela a la fibra.** - La madera presenta gran resistencia a los esfuerzos de compresión paralela a sus fibras. Esta proviene del hecho que las fibras están orientadas con su eje longitudinal en esa dirección y

que a su vez coincide, o está muy cerca de la orientación de las microfibrilías que constituyen la capa media de la pared celular.

- **Compresión perpendicular a la fibra.** - Bajo este tipo de fuerza las fibras están sometidas a un esfuerzo perpendicular a su eje y tienden a comprimir las pequeñas cavidades existentes en ella. Esto permite que se pueda cargar la madera sin que ocurra una falla claramente distinguida. Al incrementarse la magnitud de la fuerza la pieza se va comprimiendo, y de esta forma aumenta su densidad y también su capacidad para resistir mayor carga.
- **Torsión.** - Es la propiedad de la madera por la cual la resistencia que pone a su deformación una pieza de madera fija por un extremo, que sufre un giro normal a su eje, debido a una fuerza ejercida por un brazo de palanca en su extremo libre.
- **Trabajabilidad de la madera.** - La trabajabilidad de la madera lo constituye un gran conjunto de fenómenos como son: el movimiento, producido por las diferencias de temperatura y de humedad ambiental ocasionando el alabeo, la hinchazón y el agrietamiento de las superficies.
- **Tracción.** - Es la resistencia provocada por la aplicación de dos fuerzas de signo contrario, que tienden a romper la pieza de madera, alargando su longitud y disminuyendo su sección transversal.
- **Cortadura.** - Es la resistencia que ofrece la madera frente a la aplicación de fuerzas que tienden a cortarla en dos partes, cuando la dirección del esfuerzo es perpendicular a la dirección de las fibras; si la fuerza es máxima en sentido perpendicular de las fibras será cortadura y si es mínima en sentido paralelo a las mismas será desgarramiento.
- **Desgaste o cizallé.** - Es la propiedad de la madera cuando esta es sometida a un choque o a una erosión, experimentando con esto una pérdida de materia.
- **Deslizamiento longitudinal de las fibras.** - Esta propiedad de la madera se presenta cuando una pieza estirada esta suelta por su extremo, lo cual

ocasiona un esfuerzo que tiende a deslizar unas fibras sobre otras en sentido longitudinal.

- **Resistencia al choque.** - Es la resistencia que ejerce la madera sometida al golpe de un cuerpo duro. La resistencia al choque indica el comportamiento de la madera al ser sometida a un impacto, la resistencia al choque en el sentido axial de las fibras es mayor y menor en el sentido transversal, o radial.

Para la resistencia al choque influyen: el tipo de madera, el tamaño de la pieza, la dirección del choque, la densidad y la humedad de la madera, entre otros.

- **Anisotropía.** - Tiene diferente estructura y resistencia según la dirección que se considere. Según esto se distinguen tres direcciones principales: **(medina. 2013, p. 5)**
 - **Dirección axial.** - Es la dirección longitudinal, del eje del árbol y de las fibras de la madera.
 - **Dirección radial.** - Es perpendicular al eje del árbol, a los anillos de crecimiento y a las fibras de la madera.
 - **Dirección tangencial.** - Es perpendicular al eje del árbol y tangencial a los anillos del árbol.
- **Flexibilidad.** - Es la capacidad que tiene la madera para cambiar su estado sin dañar su estructura o quebrarse. Para aumentar su flexibilidad se puede tratar con vapor de agua. Esta propiedad se tiene en cuenta para realizar trabajos con madera.
- **Higroscopicidad.** - Cada vez que la madera sede agua, disminuye su volumen. Esta disminución se llama contracción. Si la madera adquiere agua, aumenta su volumen se llama hinchazón. La contracción e hinchazón varía según el sentido de la madera, la relación se realiza a lo largo, ancho y grueso de la madera.
- **Porosidad.** - La superficie de la madera que presenta en algunas especies, es unida y compacta, en otras se presenta porosa debido a que la madera puede absorber líquidos o gases.

- **Dureza.** - La dureza de la madera es la resistencia que ejerce a ser marcada (resistencia al corte), al desgaste o al rayado, esta propiedad de la madera está relacionada con la densidad, edad, estructura, y si se trabaja en sentido a sus fibras o en perpendicular. Cuanto más vieja y dura es, mayor es la resistencia que opone de acuerdo a esta propiedad la madera puede clasificarse en:

Durísimas, duras, semiduras, blandas y muy blandas.

- **Humedad.** - La humedad es la cantidad de agua que contiene la madera en su estructura, inerte a su naturaleza orgánica, esta agua puede aparecer formando parte de las células de la constitución leñosa la cual desaparece por combustión, además el agua también está relacionada con el peso y afecta a otras propiedades tanto físicas como mecánicas. Cuando la madera húmeda comienza a secarse va perdiendo peso y se contrae hasta un límite en el que no puede disminuir más su grado de humedad, para la temperatura a la que se encuentre. Si se quiere eliminar todo el contenido de agua, es necesario llevar a cabo un secado en laboratorio, que se basa en someter la madera a una temperatura de 105°C hasta que ésta alcance un peso constante.

La humedad de la madera varía entre límites muy amplios. En la madera recién talada oscila entre el 50 y 60 por ciento, y por inhibición (absorción de agua) puede llegar hasta el 250 y 300 por ciento. La madera secada al aire libre contiene del 10 al 15 por ciento de su peso de agua. Para los ensayos se considera una humedad media internacional de 15%.

El porcentaje de humedad (H):

$$H = \frac{P_h - P_0}{P_0} * 100 \quad (14)$$

Dónde:

P_H : peso en el estado húmedo de la madera

P_0 : Peso en el estado seco de la madera

- **Peso específico.** - El peso específico es la relación entre el peso de la madera, con un determinado contenido de humedad, y el peso del volumen de agua desplazado por el volumen de la madera. El peso específico es la propiedad de la madera que incluye los vacíos que hay en la madera y las sustancias de infiltración, el peso específico debe ser referido a determinado contenido de humedad, así tenemos: peso específico verde, p. peso específico anhidrido, p.e. que se expresa en gr/cm^3 o kg/m^3 .
- **Densidad o peso.** - La densidad es la relación que existe entre la masa de un cuerpo y el volumen del mismo, la densidad de la madera depende de su humedad. En condición anhidrida todas las maderas tienen casi el mismo peso porque tienen la misma constitución (célula y lignina). Este peso o densidad oscila entre 1.41g/cm^3 y 1.56g/cm^3 ; esto es la densidad real.

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Ámbito de estudio

El siguiente trabajo de investigación se llevó a cabo en la provincia de Chota, distrito de Chalamarca comunidad de bajo Chalamarca sector tierra negra. (Ver mapa de localización en anexos)

3.2 Diseño de investigación

Hernández (2010), dice hay diferentes tipos de diseño de investigación para ello el investigador debe tener o desarrollar un diseño de investigación específico. Para esta investigación y según el autor el diseño que propongo es el siguiente.



Fuente: elaboración del autor

3.3 Población y muestra

- Población: está formado por la madera eucalipto existente en el distrito de Chalamarca, comunidad bajo Chalamarca sector tierra negra.
- Muestra: madera aserrada de 3 eucaliptos de diámetros 1.35m, 1.47m y 1.37m respectivamente.

3.4 Operacionalización de variables

Tabla 9:

Operacionalización de variables

Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Índice	
variable independiente: Madera eucalipto.	Características generales de la zona	Ubicación	Coordenadas geográficas	m	
		Área geográfica	Plano topográfico	M ²	
	Propiedades físicas	_flexibilidad	Formatos de pruebas de laboratorio		Kg/cm ³
		_Dureza		kgf	
		_Peso específico		N/m ³	
		_Densidad o peso		g/cm ³	
		_Flexión		Kg/cm ²	
		_compresión paralela a la fibra		Kg/cm ²	
		Propiedades mecánicas	_compresión perpendicular a la fibra	Formatos de pruebas de laboratorio	Kg/cm ²
			_Torsión		N-m
_traccion			N/m ²		
variable dependiente: Fines Estructurales	Evaluación de resultados técnicos del material	Criterios de la norma E.010	Formato de Comparación Norma E.010 y resultados obtenidos	Kg/cm ²	

Fuente elaboración del autor

3.5 Descripción de la metodología

El tipo de investigación que se aplicará para dicho estudio será descriptiva simple ya que se seguirá un orden para obtener resultados, de los cuales dependerá si la madera eucalipto es apta o no para ser utilizada en estructuras además lograr clasificarlo en los grupos A, B o C de la norma E.010 de la madera.

De acuerdo al fin que se persigue esta investigación es aplicada, de enfoque cuantitativo, de alcance descriptivo simple y de diseño no experimental Utilizando muestreo por conveniencia. Por qué, busca la

utilización de los conocimientos adquiridos en la práctica de la ingeniería civil y los objetivos propuestos.

3.5.1 Técnicas de recolección de datos

Para la elaboración del siguiente trabajo se recopiló y analizó información bibliográfica referente al tema de madera en especial se tuvo gran consideración al RNE (E.010 de la madera). Además, los diferentes estudios realizados que a continuación se mencionan.

- **Observación:** registro visual sistemático, válido y confiable de comportamiento y situaciones observables de lo que ocurre con las variables en estudio, clasifica los acontecimientos pertinentes de acuerdo con esquemas previstos y según el problema que se estudie, (Ramos 2014, p.10).
- **Ensayos de laboratorio:** Esta técnica nos ayuda en la determinación de la clasificación de la madera eucalipto y de esta forma conocer la resistencia estructural de la madera principal elemento en estudio.

3.5.2 Instrumentos para la recolección de datos

- **Ficha de observación.** Se utilizaron formatos que nos permitieron registrar en campo las características de los árboles tales como: el tipo de hojas que son ovaladas y alargadas y de color verde, miden más de 15 metros de alto, corteza de color marrón y de edad aproximada mayor a los 25 años los cuales fueron talados para nuestro estudio.
- **Formato de pruebas de laboratorio:** Formato en donde se registrará todos los datos obtenidos en el laboratorio de los diversos ensayos que se realizarán.

Permite anotar los cálculos de cada una de las pruebas realizadas a la madera en el laboratorio con el fin de encontrar la resistencia más adecuada y acorde a la Norma E.010.

3.6 Procesamiento y análisis de datos

Para el desarrollo de la siguiente investigación el material en estudio se recolecto del distrito de Chalamarca, Centro Poblado Chalamarca Bajo sector Tierra Negra, el diseño de investigación se elaboró de la siguiente forma: primero se seleccionó la muestra, se hizo un estudio de las propiedades físicas y de sus propiedades mecánicas y de acuerdo a ello se obtuvo los resultados, la población estuvo formado por la madera eucalipto existente en el distrito de Chalamarca, comunidad bajo Chalamarca sector tierra negra y la muestra fue eucaliptos de diámetro 1.35m, 1.47m y 1.37m respectivamente.

Se ha utilizado el software **MICROSOFT EXCEL 2016**, para procesar los datos y poder determinar resultados coherentes y acordes a la norma E.010 de la madera

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

RESULTADOS

- **RESULTADOS DEL ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD -NTP.251.010**

- Para dicho ensayo se utilizó muestra de 5cm x 5cm x 5cm, (medidas elegidas a criterio del autor) para hallar el contenido de humedad se tuvo en cuenta el método A – método primario de secado en estufa. Método diseñado especialmente para fines de investigación.

Tabla 10:

Resultados contenidos de humedad

MADERA	CÓDIGO	MASA DE MUESTRA ANTES DEL SECADO	MASA DE MUESTRA DESPUÉS DEL SECADO	TIEMPO (Horas) NTP.251.010)	TEMP (°C) NTP.251.010)	HUMEDAD (%)
EUCALIPTO "1"	1.1	397.85	381.86	3	103	4.18
	1.2	377.14	361.25	3	103	4.39
	1.3	384.62	368.13	3	103	4.47
	1.4	409.13	392.43	3	103	4.25
EUCALIPTO "2"	2.1	374.39	357.74	3	103	4.65
	2.2	398.74	381.14	3	103	4.61
	2.3	386.41	368.31	3	103	4.91
	2.4	378.64	362.51	3	103	4.44
EUCALIPTO "3"	3.1	414.97	397.90	3	103	4.29
	3.2	388.29	372.63	3	103	4.20
	3.3	379.86	364.32	3	103	4.27
	3.4	387.67	369.76	3	103	4.84

Fuente: elaboración del autor

- **RESULTADOS DEL ENSAYO PARA DETERMINAR EL CIZALLAMIENTO PARALELO AL GRANO (NTP 251.013-2015)**

Para el cálculo de resistencia al cizallamiento la velocidad de cizalla que se utilizó fue de 0.6mm/min.

Cálculo cizallamiento paralelo al grano se utilizó la fórmula 3 y los datos de la tabla 11:

$$\begin{aligned} &= \frac{29.64(KN)}{2450(MM^2)} = \frac{29.64 * 1000(N)}{2450(MM^2)} \\ &= 12.09(MPa) = 12.1(MPa) \\ &= 12.1 \left(\frac{N}{MM^2} \right) \\ &= \frac{12.1 * 0.10197(Kg)}{0.01(Cm^2)} \\ &= 123.3 \left(\frac{Kg}{cm^2} \right) \end{aligned}$$

Tabla 11:

Resultados cizallamiento paralelo al grano

MADERA	Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Peso (kg)	Fuerza (KN)	Área (mm²)	Resistencia Cizalla (Mpa)	
EUCALIPTO "1"	1.a	4.9	5.0	4.8	0.128	29.64	2450	12.1
	1.b	5.0	5.0	4.7	0.114	31.25	2500	12.5
	1.c	4.7	5.0	4.8	0.119	29.84	2350	12.7
	1.d	4.7	5.1	4.7	0.119	29.72	2397	12.4
EUCALIPTO "2"	2.a	4.7	5.0	4.6	0.120	31.72	2350	13.5
	2.b	4.6	5.0	4.8	0.118	31.51	2300	13.7
	2.c	4.7	5.0	4.7	0.124	31.49	2350	13.4
	2.d	4.5	5.0	4.7	0.120	28.8	2250	12.8
EUCALIPTO "3"	3.a	4.7	5.0	5.0	0.113	34.07	2350	14.5
	3.b	4.7	5.0	5.0	0.119	34.31	2350	14.6
	3.c	4.8	4.9	4.6	0.121	35.28	2352	15.0
	3.d	4.7	5.0	4.7	0.123	32.66	2350	13.9

Fuente: elaboración del autor

Posteriormente de realizada la prueba de cizallamiento se calculó el contenido de humedad.

Tabla 12:

Resultados humedad posterior a prueba de cizallamiento paralelo al grano

MADERA	CODIGO	PESO DE MUESTRA ANTES DEL SECADO	PESO DE MUESTRA DESPUÉS DEL SECADO	TIEMPO (Horas-Según NTP.251.010)	T° (°C-Según NTP.251.010)	CONT. HUMEDAD (%)
EUCALIPTO "1"	1.a	51.40	45.82	3	103	12.18
	1.b	48.60	43.12	3	103	12.71
	1.c	50.90	45.26	3	103	12.46
	1.d	50.90	45.38	3	103	12.16
EUCALIPTO "2"	2.a	51.00	45.20	3	103	12.83
	2.b	50.20	44.43	3	103	12.99
	2.c	52.60	46.64	3	103	12.77
	2.d	51.00	45.26	3	103	12.68
EUCALIPTO "3"	3.a	48.20	42.50	3	103	13.41
	3.b	50.60	44.85	3	103	12.82
	3.c	51.40	45.85	3	103	12.10

Fuente: elaboración del autor

- **RESULTADOS DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL O PARALELA AL GRANO (NTP 251.014-2014)**

La carga que se aplicó para el ensayo fue de 0.6mm/min.

Tabla 13:

Resultados compresión paralela al grano

MADERA	CÓDIGO	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)	ÁREA (mm ²)	PESO (Kg)	RESIST. MÁX. (N/mm ²)	CARGA MÁX. (kN)
EUCALIPTO "1"	1.1	46	48	220	2208	0.389	48.89	222.23
	1.2	48	49	210	2352	0.422	49.12	115.54
	1.3	49	48	200	2352	0.428	50.59	119.00
	1.4	49	50	210	2450	0.449	50.36	239.80
EUCALIPTO "2"	2.1	49	49	200	2401	0.417	52.69	263.45
	2.2	49	48	210	2352	0.447	53.01	252.43
	2.3	49	49	200	2401	0.395	52.46	125.96
	2.4	49	49	200	2401	0.419	52.83	121.74
EUCALIPTO "3"	3.1	51	50	200	2550	0.455	56.78	283.90
	3.2	48	49	210	2352	0.358	57.96	276.00
	3.3	48	48	220	2304	0.415	55.68	128.30
	3.4	48	48	210	2304	0.432	59.73	137.62

Fuente: elaboración del autor

Cálculo compresión axial o paralelo al grano se utilizó la fórmula 5 y los datos de la tabla 13 para el cálculo según la NTP 251.014-2014 se tomará la carga máxima (el menor valor de todos los ensayos):

$$\begin{aligned} &= \frac{115.54(KN)}{2352(MM^2)} \\ &= \frac{115.54 * 1000(N)}{2352(MM^2)} \\ &= 49.12(MPa) \\ &= 49.12\left(\frac{N}{MM^2}\right) \\ &= \frac{49.12 * 0.10197(Kg)}{0.01(Cm^2)} \\ &= 500.88\left(\frac{Kg}{cm^2}\right) \end{aligned}$$

El tipo de fallas que se produjo en la probeta fue cizallamiento, ya que la probeta tuvo una ruptura formando un ángulo de más de 45° con respecto a la base de la probeta.

Posterior al ensayo de compresión axial se determinó el contenido de humedad.

Tabla 14:

Resultados humedad posterior al ensayo de compresión paralela al grano

MADERA	CODIGO	MUESTRA ANTES DEL SECADO (g) – m1	MUESTRA DESPUÉS DEL SECADO (g) – m2	TIEMPO (Horas) NTP.251.010)	TEMP. (°C) NTP.251.010)	HUMEDAD (%)
EUCALIPTO "1"	1.1	32.46	25.34	3	103	28.09
	1.2	35.87	27.81	3	103	28.98
	1.3	31.20	26.04	3	103	19.81
	1.4	30.62	25.12	3	103	21.89
EUCALIPTO "2"	2.1	27.21	23.13	3	103	31.07
	2.2	33.44	27.32	3	103	22.40
	2.3	29.27	23.19	3	103	26.21
	2.4	29.53	23.71	3	103	24.54
EUCALIPTO "3"	3.1	31.90	24.85	3	103	28.37
	3.2	31.62	25.52	3	103	23.90
	3.3	35.40	29.17	3	103	21.35
	3.4	28.34	22.62	3	103	25.28

Fuente: elaboración del autor

- **RESULTADOS DEL MÉTODO PARA DETERMINAR LA COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO (NTP 251.016-2015)**

Tabla 15:

Resultados compresión perpendicular al grano

MADERA	CODIGO	MEDICIONES			Área (mm ²)	Peso (kg)	Carga máxima (kN)	Resistencia máxima (MPa)
		Largo (mm)	Altura (mm)	Ancho (mm)				
EUCALIPTO "1"	C.P.G-1.1	150	49	47	7050	0.309	219.8	31.18
	C.P.G-1.2	150	47	47	7050	0.316	231.52	32.84
	C.P.G-1.3	150	48	48	7200	0.303	228.54	31.74
	C.P.G-1.4	150	48	47	7050	0.299	227.96	32.33
EUCALIPTO "2"	C.P.G-2.1	151	47	50	7550	0.289	184.56	24.45
	C.P.G-2.2	149	47	48	7152	0.274	170.86	23.89
	C.P.G-2.3	151	47	50	7550	0.279	224.8	29.77
	C.P.G-2.4	150	49	47	7050	0.301	198.52	28.16
EUCALIPTO "3"	C.P.G-3.1	151	47	49	7399	0.304	178.23	24.09
	C.P.G-3.2	150	49	48	7200	0.286	165.42	22.98
	C.P.G-3.3	150	49	47	7050	0.02	162.45	23.04
	C.P.G-3.4	150	49	48	7200	0.304	156.76	21.77

Fuente: elaboración del autor

- **RESULTADOS DEL MÉTODO PARA DETERMINAR LA FLEXIÓN ESTÁTICA (NTP 251.017 - 2014)**

Calculó del módulo de ruptura (MOR) se utilizó la fórmula 8 y los datos de la tabla 16:

$$\begin{aligned} &= \frac{3 * 16.45(kN) * 350(mm)}{2 * 49(mm) * 49^2(mm)^2} \\ &= \frac{3 * 16.45(1000N) * 350(mm)}{2 * 49(mm) * 49^2(mm)^2} \\ &= 73.40 \left(\frac{N}{mm^2} \right) \\ &= \frac{73.40 * 0.10197(Kg)}{0.01(Cm^2)} \\ &= 745.46 \left(\frac{Kg}{cm^2} \right) \end{aligned}$$

Tabla 16:

Resultados flexión estática

MADERA	CÓDIGO	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	MASA (Kg)	ÁREA (mm ²)	DISTANCIA ENTRE SOPORTES (mm)	RESIST. MÁX. (N/mm ²) ó (MPa)	CARGA MÁX. (kN)
EUCALIPTO "1"	1.1	49	49	1.546	2401	350	73.40	16.45
	1.2	48	49	1.809	2352	350	89.28	19.60
	1.3	49	48	1.287	2352	350	61.75	13.28
	1.4	48	49	1.642	2352	350	69.37	15.23
EUCALIPTO "2"	2.1	50	48	1.334	2400	350	66.26	14.54
	2.2	49	50	1.761	2450	350	85.54	19.96
	2.3	49	48	1.463	2352	350	67.70	14.56
	2.4	50	49	1.711	2450	350	64.63	14.78
EUCALIPTO "3"	3.1	45	48	1.627	2160	350	72.2	14.26
	3.2	50	48	1.667	2400	350	75.56	16.58
	3.3	47	50	1.479	2350	350	87.93	19.68
	3.4	49	49	1.521	2401	350	67.96	15.23

Fuente: elaboración del autor

El tipo de falla que se produjo en la probeta fue compresión y tensión de astillamiento.

Posterior al ensayo de flexión estática se determinó el contenido de humedad.

Tabla 17:

Resultados humedad posterior al ensayo flexión estática

MADERA	PROBETA	MASA DE MUESTRA ANTES DEL SECADO (g) – m1	MASA DE MUESTRA DESPUÉS DEL SECADO (g) – m2	TIEMPO (Horas) NTP.251.010)	TEMP. (°C) NTP.251.010)	HUMEDAD (%)
EUCALIPTO "1"	1.1	32.46	25.34	3	103	28.09
	1.2	35.87	27.81	3	103	28.98
	1.3	31.20	26.04	3	103	19.81
	1.4	30.62	25.12	3	103	21.89
EUCALIPTO "2"	2.1	27.21	23.13	3	103	31.07
	2.2	33.44	27.32	3	103	22.40
	2.3	29.27	23.19	3	103	26.21
	2.4	29.53	23.71	3	103	24.54
EUCALIPTO "3"	3.1	31.90	24.85	3	103	28.37
	3.2	31.62	25.52	3	103	23.90
	3.3	35.40	29.17	3	103	21.35
	3.4	28.34	22.62	3	103	25.28

Fuente: elaboración del autor

- **RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN DE LA TENSIÓN PARALELA A LA FIBRA (251.085- 2017)**

Para el cálculo del módulo de ruptura (MOR), se utilizó la fórmula 11 y los datos de la tabla 18:

$$\begin{aligned} & \frac{17.96(KN)}{9.37(mm) * 9.33(mm)} \\ &= \frac{17.96(1000N)}{9.37(mm) * 9.33(mm)} \\ &= 205.44 \left(\frac{N}{mm^2} \right) \\ &= \frac{205.44 * 0.10197(Kg)}{0.01(Cm^2)} \\ &= 2094.87 \left(\frac{Kg}{cm^2} \right) \end{aligned}$$

Tabla 18:

Resultados tensión paralela a la fibra

MADERA	PROBETA	MEDIDAS (mm)		AREA (mm ²)	CARGA MAXIMA (kN)	RESISTENCIA MAXIMA (MPa)	% ALARGAMIENTO
		ESPESOR	ANCHO				
Eucalipto "1"	PF-1.1	9.37	9.33	87.42	17.96	205.44	4.15
	PF-1.2	10.31	9.88	101.86	18.45	181.13	4.56
	PF-1.3	9.21	9.23	85	13.09	154	3.12
	PF-1.4	9.23	9.31	85.93	19.93	231.93	6.53
Eucalipto "2"	PF-2.1	10.01	9.01	90.19	19.76	219.09	5.65
	PF-2.2	11.11	8.7	96.65	19.94	206.31	6.52
	PF-2.3	9.3	9.4	87.42	19.89	227.52	6.21
	PF-2.4	9.2	9.26	85.19	20.05	235.36	5.97
Eucalipto "3"	PF-3.1	9.44	9.57	90.34	13.08	144.79	2.93
	PF-3.2	9.31	9.72	90.49	21.2	234.28	4.63
	PF-3.3	9.9	9.88	97.81	15.74	160.92	4.95
	PF-3.4	10.04	9.84	98.79	17.56	177.75	3.78

Fuente: elaboración del autor

- **RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN DE LA TENSIÓN PERPENDICULAR A LAS FIBRAS (NTP 251.086-2015)**

Procedimiento para el cálculo de esfuerzo de tracción o tensión (ET), se utilizó la fórmula 12 y los datos de la tabla 19:

$$= \frac{6.91(\text{KN})}{25.56(\text{mm}) * 50.76(\text{mm})}$$

$$= \frac{6.91(1000\text{N})}{25.56(\text{mm}) * 50.76(\text{mm})}$$

$$= 5.32 \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)$$

$$= \frac{25.32 * 0.10197(\text{Kg})}{0.01(\text{Cm}^2)}$$

$$= 54.24 \left(\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \right)$$

Tabla 19:

Resultados tensión perpendicular a la fibra

MADERA	CÓDIGO	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)	PESO (Kg)	RESIST. MÁX. (N/mm²) ó (MPa)	CARGA MÁX. (kN)
EUCALIPTO "1"	1.a	25.56	50.76	50.72	0.09478	5.32	6.91
	1.b	24.35	48.37	49.85	0.10580	5.73	6.75
	1.c	25.52	50.21	50.65	0.10420	4.95	6.35
	1.d	26.15	50.32	49.63	0.09962	5.21	6.86
EUCALIPTO "2"	2.a	26.11	50.5	50.69	0.09921	5.16	6.81
	2.b	25.36	49.63	49.63	0.09987	5.01	6.31
	2.c	26.1	49.85	49.96	0.09825	4.83	6.28
	2.d	25.35	50.13	50.39	0.09346	4.71	5.98
EUCALIPTO "3"	3.a	26.19	50.3	50.42	0.11129	3.08	4.06
	3.b	26.16	49.96	49.63	0.10827	3.84	5.02
	3.c	25.45	49.53	50.12	0.10865	5.01	6.32
	3.d	24.84	49.96	49.85	0.11532	4.69	5.83

Fuente: elaboración del autor.

Posterior al ensayo de tensión perpendicular a las fibras se determinó el contenido de humedad.

Tabla 20:

Resultados humedad posterior al ensayo de tensión perpendicular a la fibra

MADERA	CÓDIGO	PESO DE MUESTRA ANTES DEL SECADO	PESO DE MUESTRA DESPUÉS DEL	TIEMPO (Horas- Según NTP.251.010)	T° (°C-Según NTP.251.010)	CONT. HUMEDAD (%)
	1.a	94.78	85.66	3	103	10.65
EUCALIPTO "1"	1.b	105.80	96.43	3	103	9.72
	1.c	104.20	95.39	3	103	9.24
	1.d	99.62	90.32	3	103	10.30
	2.a	99.21	90.10	3	103	10.11
EUCALIPTO "2"	2.b	99.87	90.59	3	103	10.24
	2.c	98.25	89.36	3	103	9.95
	2.d	93.46	84.45	3	103	10.67
	3.a	111.19	101.60	3	103	9.44
EUCALIPTO "3"	3.b	108.27	98.88	3	103	9.50
	3.c	108.65	98.43	3	103	10.38
	3.d	115.32	105.25	3	103	9.57

Fuente: elaboración del autor

DISCUSIÓN

- Los valores del esfuerzo admisible de la madera eucalipto posee valores más elevados a los estudiados por (Lugo y Ordoñez, 2016), cuyo estudio se centró en el cálculo del esfuerzo admisible para poder clasificarlo al grupo que corresponde, pero en el estudio de (Lugo y Ordoñez, 2016), se centró en el módulo de elasticidad para su clasificación.
- De acuerdo a los resultados encontrados en la investigación se pudo determinar la resistencia estructural de la madera eucalipto, posteriormente se logró clasificar al grupo que corresponde, ya que los valores encontrados son mayores a los establecidos en la Norma E.010 de la madera (RNE, 2006). Y de esta forma se logró clasificar al grupo A de la Norma E.010 de madera.
- Los resultados que se obtuvieron en cizallamiento paralelo al grano, compresión paralela al grano, compresión perpendicular al grano, tensión paralela a las fibras y tensión perpendicular los valores de los esfuerzos admisibles sobrepasan al valor establecido en el grupo **A** de la NTP. E.010 y en el ensayo de flexión estática el valor obtenido del esfuerzo admisible sobrepasa al establecido en el grupo **B** de la Norma E.010. de dicho análisis de resultados se logró obtener valores más resistentes de la madera eucalipto a los establecidos en la Norma E.010 de esta forma presenta mayor probabilidad de que dicho material sea utilizado en el diseño de diferentes elementos estructurales.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se pudo identificar que las propiedades físicas y mecánicas de la madera eucalipto son:

Tabla 21:

Propiedades físicas y mecánicas

Propiedades físicas	Propiedades mecánicas
Peso específico	Cizallamiento paralelo al grano
densidad	Compresión paralela al grano
Contenido de humedad	Compresión perpendicular al grano
	Flexión estática
	Tensión paralela a las fibras
	Tensión perpendicular a las fibras

Fuente: elaboración del autor

Estas propiedades se pudieron identificar previo a ensayos realizados en laboratorio de la Universidad Nacional de Trujillo. Y de acuerdo a los resultados obtenidos la madera eucalipto se clasifico al grupo **A** de la NTP E.010

- se realizó ensayos en laboratorio y de acuerdo al análisis de los resultados se determinó la densidad básica promedio. Obteniéndose que la densidad básica promedio fue de 0.792 g/cm^3 (ver tabla 22) valor mayor al establecido en la norma E.010 el cual es $0.71 \text{ (g/cm}^3\text{)}$. Además de los resultados de la madera eucalipto y comparando estos resultados con los de la Norma E.010 agrupamiento de madera para uso estructural se pudo concluir que los valores obtenidos en los ensayos de tracción paralela, compresión perpendicular, corte paralelo o cizallamiento paralelo al grano y compresión paralela sobrepasan a los valores establecidos en el grupo **A** pero en el ensayo de flexión no cumple al grupo **A** sino al grupo **B**, teniendo en cuenta que en la mayoría de ensayos cumplió al grupo **A** se clasifico a la madera eucalipto al grupo **A**, con esto se

llegó a la conclusión que el eucalipto tiene buena resistencia estructural para ser utilizado en el diseño de diferentes estructuras ya que en la mayoría de los parámetros si concuerda con los valores establecidos en la Norma E.010 de Agrupamiento De Madera Para Uso Estructural . (ver tabla 23)

Tabla 22:

Densidad promedio

volumen (cm3)	peso (Kg)	peso (g)	densida (g/cm3)
345.45	0.309	309	0.894
331.35	0.316	316	0.954
345.6	0.303	303	0.877
338.4	0.299	299	0.884
354.85	0.289	289	0.814
336.144	0.274	274	0.815
354.85	0.279	279	0.786
345.45	0.301	301	0.871
345.45	0.304	304	0.880
355.152	0.286	286	0.805
347.753	0.02	20	0.058
352.8	0.304	304	0.862
densidad promedio			0.792

Fuente: cálculo realizado por el autor

Tabla 23:

Comparación esfuerzos admisibles Norma E.010 y Eucalipto

GRUPO	Flexion	Esfuerzos Admisibles Mpa (Kg/cm²)			
		Traccion Paralela	Compresion Paralela	Compresion Perpendicular	Corte Pralelo
NORMA E.010	20.6 (210)	14.2 (145)	14.2(145)	3.9(40)	1.5 (15)
EUCALIP TO	19.33 (196.97)	18.09 (184.34)	24.45 (249.15)	8.5 (86.6)	1.52 (15.49)

Fuente: elaboración del autor

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar la clasificación de la madera eucalipto por ensayo. Para poder obtener una clasificación más apropiada a los grupos A, B o C de la NORMA E.010 DE LA MADERA y así poder garantizar su resistencia estructural de la madera eucalipto.
- Para obtener valores de diseño más precisos de los esfuerzos admisibles se recomienda determinar dichos valores mediante ensayos de laboratorio en la madera eucalipto y en cualquier otra especie maderera existente en el distrito de Chalamarca.
- Se sugiere fomentar la investigación de la madera eucalipto en sus propiedades químicas para el mejor aprovechamiento de dicha especie y de acuerdo a ello poder utilizarlo más apropiadamente y posteriormente lograr tener un catálogo de la madera eucalipto con todas sus propiedades.
- Se sugiere realizar un estudio similar al ejecutado en otras especies madereras abundantes en Chalamarca como pinos, alisos, ciprés y otros. De tal forma, que las investigaciones puedan ser compiladas y presentadas como una propuesta de gestión en proyectos de diseño de estructuras de madera para que de esta forma aprovechar la madera eucalipto apropiadamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bautista, A. M. G. (2014). Evaluación De La Resistencia Al Corte Paralelo A La Fibra, De La Madera Pinus Radiata, Determinado Por El Método De Punzonamiento Y El Método De La Norma ASTM 143-09/2010. [tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Obtenido de <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/126>
- Calleros, H. (2012). Tecnología de la madera. Obtenido de <https://sites.google.com/site/tecnologiadelamadera/la-madera>
- Campos, C. R. M. (2007). Tecnología De Los Materiales. Perú. Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos48/maderas/maderas2.shtml>
- Costales, Vicente. (2016, Abril). La mala construcción, un agravante al sismo. El Comercio. <https://www.elcomercio.com/tendencias/malaconstruccion-agravante-sismo-ecuador-pedernales.html>
- El Comercio. (2017). 10 increíbles construcciones hechas de madera. EC, 16 de marzo, sección arquitectura. Obtenido de <https://elcomercio.pe/casa-y-mas/arquitectura/10-increibles-construcciones-hechas-madera-145241-noticia/>
- Gautibonza Amado, Marcelino Isaac. (2014, Abril). El eucalipto (usos, características y propiedades). Obtenido de <https://www.portalnoticiasungay.com/el-eucalipto-usoscaracteristicas-y-propiedades/>
- Gómez, M. L. y Pacheco, L. M. A. (2017). Determinación De La Viabilidad Técnica Del Sistema Constructivo De Casas De Interés Social En Madera Para Implementación En El Área Urbana Del Municipio De Chía – Colombia. Universidad católica de Colombia. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/15234>
- HecoHabitar. (2018, Enero). "HecoHabitar". Obtenido de <http://www.ecohabitar.org/tag/estructuras-de-madera/>.

- INACAL. (2016). NTP 251. 008. Selección y colección de muestras, (2ª ed.). INDECOPI.
- INACAL. (2016). NTP 251.009. Acondicionamiento de las maderas destinadas a los ensayos físicos y mecánicos, (2ª ed.). INDECOPI.
- INACAL. (2014). NTP 251.010. Métodos Para Determinar El Contenido De Humedad, (3ª ed.). INDECOPI.
- INACAL. (2015). NTP 251.013. Métodos para determinar el cizallamiento paralelo al grano, (3ª ed.). INDECOPI.
- INACAL. (2014). NTP 251.014. Métodos para determinar la compresión axial o paralela al grano, (3ª ed.). INDECOPI.
- INACAL. (2015). NTP 251.016. Métodos para determinar la compresión perpendicular al grano, (3ª ed.). INDECOPI.
- INACAL. (2014). NTP 251.017. Métodos para determinar la flexión estática, (3ª ed.). INDECOPI.
- INACAL. (2017). NTP 251.085. Determinación de la tensión paralela a las fibras, (1ª ed.). INDECOPI.
- INACAL. (2015). NTP 251.086. Determinación de la tensión perpendicular a las fibras, (3ª ed.). INDECOPI.
- Lemus, S. J. S., Romero, R. Y. S. (2014). Diseño de un prototipo de vivienda sostenible en madera para la región de la mojana. [Tesis de grado, universidad católica de Colombia]. Obtenido de <http://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/1738>
- Lugo, C. Y. K., Ordoñez, G. P. K. (2016). Estructuras de madera aplicada al sector de la construcción en Perú. [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Obtenido de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/6834>
- Medina Sánchez, Eduardo. (2013). Construcción de estructuras de madera. (1ª ed.). Fondo ediciones técnicas y científicas. Obtenido de

<https://www.casadellibro.com/libro-construccion-de-estructuras-de-madera/9788492970209/2080247>

20 Minutos. (2015, Junio). Madera versus ladrillo, 20Minutos. Obtenido de <https://www.20minutos.es/noticia/2482040/0/madera-ladrillo/construccion-casas/estados-unidos-espana/>

Manual técnico de formación para la caracterización de madera de uso estructural (2011). Propiedades mecánicas. Obtenido de <http://normadera.tkніка.net/es/content/propiedades-mec%C3%A1nicas>

MVCS. (2006).Reglamentó Nacional de Edificaciones (Norma Técnica E010 Madera). MVCS.

Real academia española, RAE. (2019). Edad. <https://dle.rae.es/?id=EN8xffh>

Romero, R. C. J. (2016, Noviembre). Diseño de una vivienda de madera de dos niveles con el sistema poste y viga. Obtenido de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/7609>

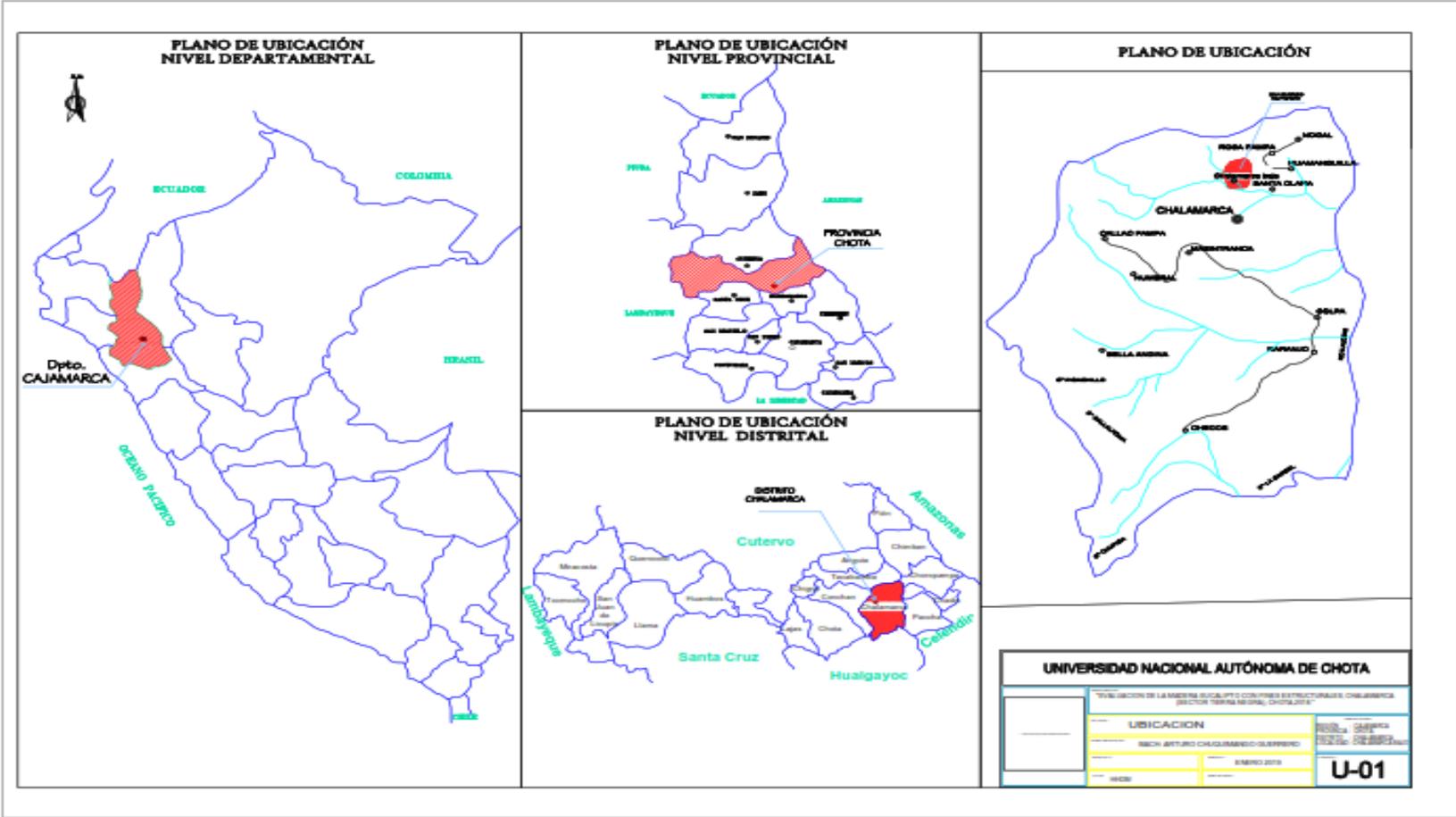
Zibell, Matías. (2016, Abril). El secreto de los edificios que no se cayeron durante el terremoto de Ecuador. BBC Mundo. Obtenido de <https://archivo.elcomercio.pe/amp/mundo/latinoamerica/secreto-edificios-que-no-se-cayeron-terremoto-ecuador-noticia-1896332>

ANEXOS

ANEXO 1

MAPA DE LOCALIZACIÓN

Figura 8: Mapa de localización



Fuente: Elaboración propia

ANEXO 2
REPORTE DE ENSAYO EN MADERA Y FACTURA DE PAGO
UNT

Figura 9: Reporte de ensayo en madera



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

Facultad de Ingeniería

Departamento Académico de Ingeniería de Materiales

REPORTE DE ENSAYOS EN MADERA

Solicitante:

Chuquimango Guerrero Arturo

Trabajo de Investigación:

Análisis de la madera eucalipto con fines estructurales Chalamarca,
(Sector Tierra Negra), Chota 2018

Fecha:

Enero 2020.

Laboratorio:

Materiales Compuestos. Todas las muestras fueron puestas en laboratorio.

Normas de Ensayos realizados:

ENSAYO DE COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO - NTP. 251.016
ENSAYO DE CIZALLAMIENTO PARALELO AL GRANO (NTP 251.013)
ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD – NTP. 251.010 –
POSTERIOR AL ENSAYO CIZALLAMIENTO
ENSAYO DE COMPRESIÓN PARALELO AL GRANO – NTP. 251.014
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN ESTÁTICA – NTP. 251.017
ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD – NTP. 251.010 –
POSTERIOR AL ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA
ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD – NTP. 251.010
ENSAYO DE TENSIÓN PERPENDICULAR A LAS FIBRAS – NTP. 251.086
ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD – NTP. 251.010
RESULTADOS DEL ENSAYO A TRACCION DE FIBRAS PARALELAS – NTP. 251.085



JEFE DE LABORATORIO
LABORATORIO DE MATERIALES COMPUESTOS

Dr. Ing. Alexander Y. Vega Anticona.

Av. Juan Pablo II s/n - Teléfono: (044) - 203510
2do. Piso Pabellón de Ingeniería M.M.M.
(Ciudad Universitaria)

www.unitru.edu.pe
dptoingmat@hotmail.com

Fuente: Laboratorio de Materiales Universidad Nacional de Trujillo

Figura 10: factura de pago UNT



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA DE MATERIALES



ORDEN DE SERVICIO Nº 0407

Laboratorio de Corrosión y Degradación de Materiales

Laboratorio de Materiales Cerámicos

Otros labor. de materiales

Señor Arturo Chupunguero Guerrero

Dirección _____

Trujillo, 18 de Diciembre del 2019

CANT.	DESCRIPCIÓN DE SERVICIOS	DIMENSION	PRECIO UNI.	IMPORTE TOTAL
89	ensayos		30	2570
TOTAL				2570

Observaciones _____

.....

Jefe o Asistente de Laboratorio

Fuente: Departamento Académico De Ingeniería De Materiales UNT

ANEXO 3
TABLA DE EXPORTACION DE MADERA

tabla 24:

Exportación de madera.

Tabla - Perú - Importaciones - Evolución - NCE: madera, carbon vegetal y manufacturas de madera - Anual FOB USD

Fecha	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Pais						
Exportador	101.275.735	109.082.228	83.103.279	80.369.184	74.398.055	22.440.704
Ecuador	28.610.995	32.553.000	30.171.259	31.567.378	30.731.197	10.410.452
China	16.834.556	18.125.797	18.007.004	15.990.178	20.073.275	7.292.720
Brasil	7.038.052	10.432.982	9.411.414	19.608.502	27.564.588	9.053.859
Estados Unidos	16.577.313	21.196.117	13.719.639	14.519.715	7.203.541	3.028.274
España	7.373.909	7.963.815	10.744.504	12.268.531	12.903.674	5.541.113
Alemania	5.195.863	8.129.528	3.561.847	7.450.970	5.564.697	2.611.901
Países Bajos	5.537.110	5.162.228	3.773.514	2.617.897	386.083	36.33
Uruguay	3.565.157	2.543.372	1.123.003	2.491.273	3.682.133	1.061.915
Turquía	2.880.329	2.648.476	2.952.004	2.910.847	2.028.621	779.295
Otros	17.271.300	14.165.701	14.748.187	14.187.871	15.068.809	5.731.434
Total	212,160,319	232,003,243	191,315,652	203,982,344	199,604,675	67,987,998

ANEXO 4
FOTOGRAFÍAS

Figura 11: Selección del eucalipto 1



Fuente: fotografía tomada por el autor

Figura 12: Selección del eucalipto 2



Fuente: fotografía tomada por el autor

Figura 13: Selección del eucalipto 3



Fuente: fotografía tomada por el autor

Figura 14: Talado del eucalipto 1



Fuente: fotografía tomada por el autor

Figura 15: Talado del eucalipto 2



Fuente: fotografía tomada por el autor

Figura 16: Talado del eucalipto 3



Fuente: fotografía tomada por el autor

Figura 17: corte de la troza eucalipto 1



Fuente: fotografía tomada por el autor

Figura 18: corte de la troza eucalipto 2



Fuente: fotografía tomada por el autor

Figura 19: corte de la troza eucalipto 3



Fuente: fotografía tomada por el autor

Figura 20: corte para selección de la vigueta dentro de la troza, eucalipto 1



Fuente: fotografía tomada por el autor

Figura 21: corte para selección de la vigueta dentro de la troza, eucalipto 2



Fuente: fotografía tomada por el autor

Figura 22: corte para selección de la vigueta dentro de la troza, eucalipto 2



Fuente: fotografía tomada por el autor

➤ *Compresión Perpendicular Al Grano (eucalipto 1)*

Figura 23: probeta 1.1 antes de ser ensayada



Fuente: fotografía tomada por el autor

Figura 24: probeta 1.1 durante el ensayo



Fuente: fotografía tomada por el autor

Figura 25: probeta 1.1 después de ser ensayada



Fuente: fotografía tomada por el autor

Figura 26: probeta 1.1 antes de ser ensayada



Fuente: fotografía tomada por el autor

Figura 27: probeta 1.1 durante el ensayo



Fuente: fotografía tomada por el autor

Figura 28: probeta 1.1 después de ser ensayada



Fuente: fotografía tomada por el autor

Figura 29: probeta 1.3 antes de ser ensayada



Fuente: fotografía tomada por el autor

Figura 30: probeta 1.13 durante el ensayo



Fuente: fotografía tomada por el autor

Figura 31: probeta 1.1 después de ser ensayada



Fuente: fotografía tomada por el autor

Figura 32: probeta 1.4 antes de ser ensayada



Fuente: fotografía tomada por el autor

Figura 33: probeta 1.4 durante el ensayo



Fuente: fotografía tomada por el autor

Figura 34: probeta 1.4 después de ser ensayada



Fuente: fotografía tomada por el autor

➤ *Compresión Perpendicular Al Grano (eucalipto 2 y 3)*

Figura 35: probeta 2.1 antes de ser ensayada



Fuente: fotografía tomada por el autor

Figura 36: probeta 2.1 durante el ensayo



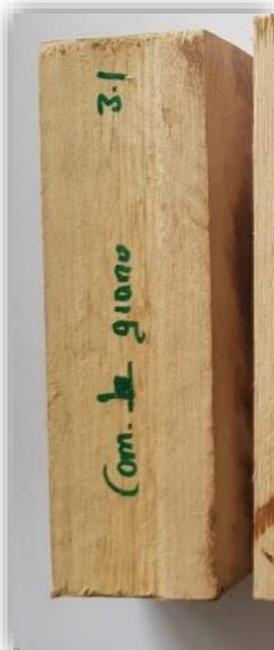
Fuente: fotografía tomada por el autor

Figura 37: probeta 2.1 después de ser ensayada



Fuente: fotografía tomada por el autor

Figura 38: probeta 3.1 antes de ser ensayada



Fuente: fotografía tomada por el autor

Figura 39: probeta 3.1 durante el ensayo



Fuente: fotografía tomada por el autor

Figura 40: probeta 3.1 después del ensayo



Fuente: fotografía tomada por el autor

➤ *Cizallamiento paralelo al grano*

Figura 41: codificación de probetas eucalipto 1 **Figura 42:** codificación de probetas eucalipto 2



Fuente: fotografía tomada por el autor



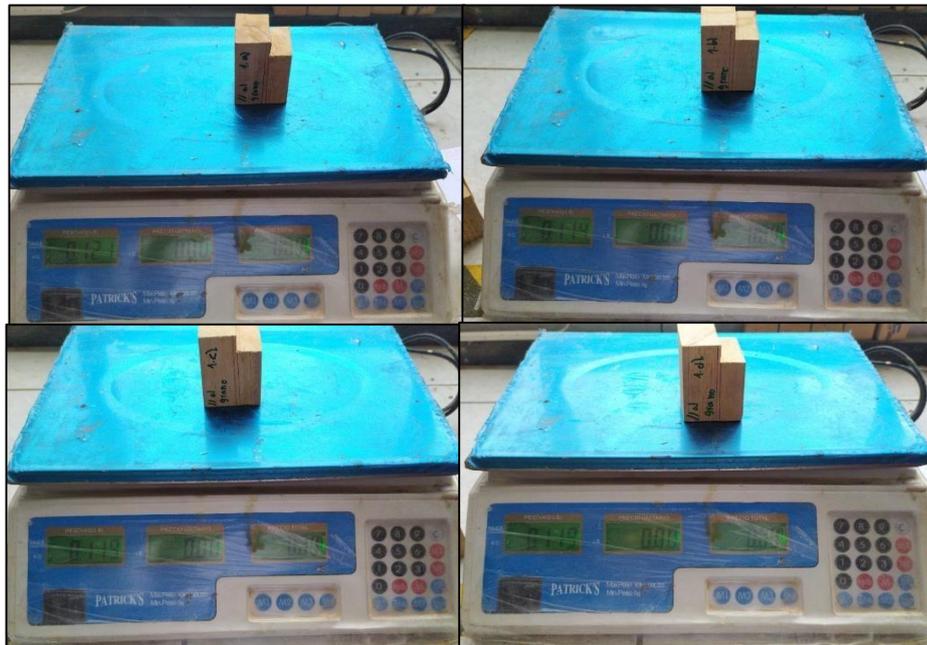
Fuente: fotografía tomada por el autor

Figura 43: codificación de probetas eucalipto 3



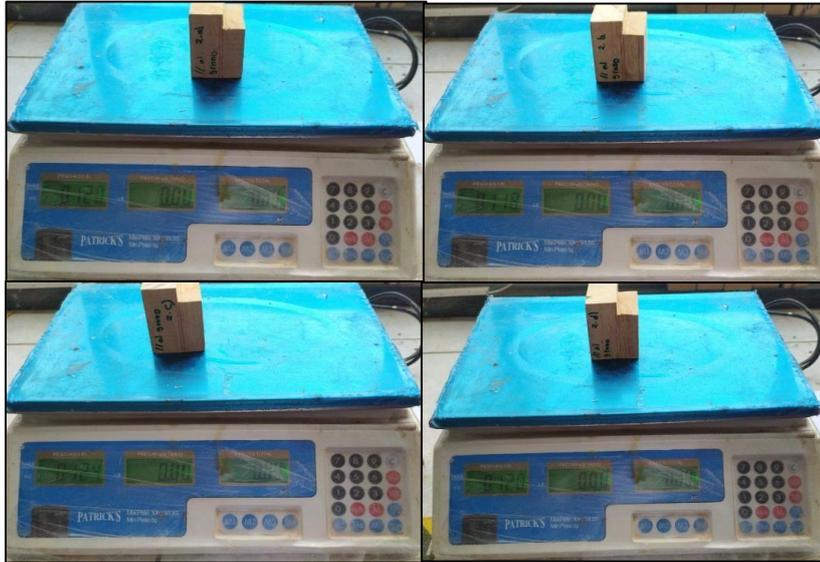
Fuente: fotografía tomada por el autor

Figura 44: peso de probetas eucalipto 1



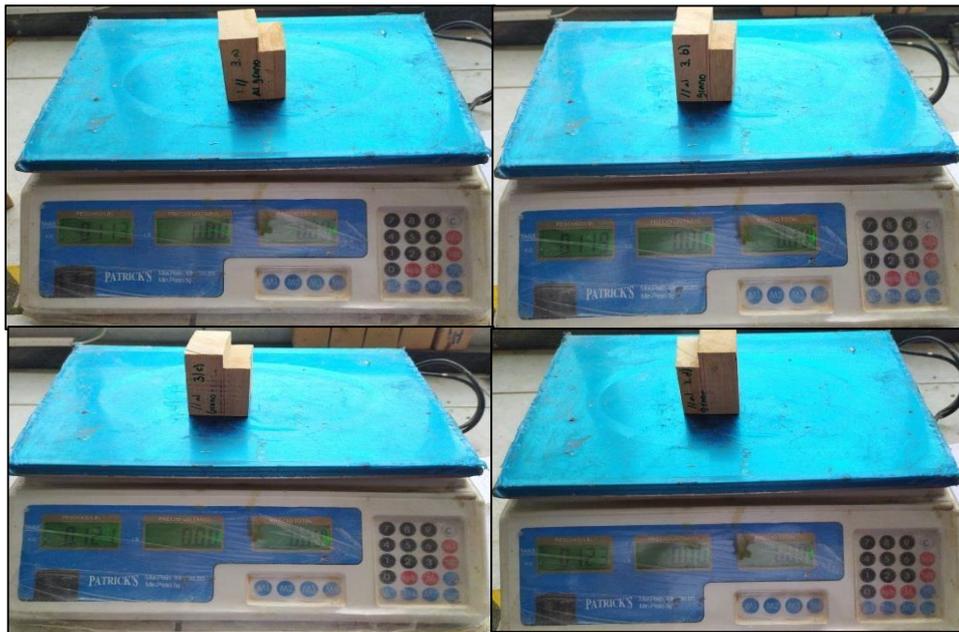
Fuente: fotografía tomada por el autor

Figura 45: peso de probetas eucalipto 2



Fuente: fotografía tomada por el autor

Figura 46: peso de probetas eucalipto 3



Fuente: fotografía tomada por el autor

Figura 47: probeta 1.a siendo ensayada



Fuente: fotografía tomada por el autor

Figura 48: probeta 1.b siendo ensayada



Fuente: fotografía tomada por el autor

Figura 49: probeta 1.c siendo ensayada



Fuente: fotografía tomada por el autor

Figura 50: probeta 1.c siendo ensayada



Fuente: fotografía tomada por el autor

➤ *Compresión paralelo al grano*

Figura 51: probeta 1.2 antes de ser ensayada



Fuente: fotografía tomada por el autor

Figura 52: probeta 1.2 durante el ensayo



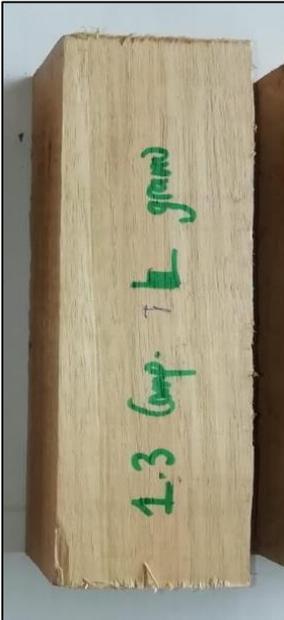
Fuente: fotografía tomada por el autor

Figura 53: probeta 1.2 después del ensayo



Fuente: fotografía tomada por el autor

Figura 54: probeta 1.3 antes de ser ensayada



Fuente: fotografía tomada por el autor

Figura 55: probeta 1.3 durante el ensayo



Fuente: fotografía tomada por el autor

Figura 56: probeta 1.3 después de ser ensayada



Fuente: fotografía tomada por el autor

Figura 57: probeta 3.3 antes de ser ensayada



Fuente: fotografía tomada por el autor.

Figura 58: probeta 3.3 durante el ensayo



Fuente: fotografía tomada por el autor.

Figura 59: probeta 3.3 después de ser ensayada



Fuente: fotografía tomada por el autor.

➤ **Resistencia a la flexión estática y posterior ensayo de humedad**

Figura 60: probeta 1.2 antes de ser ensayada



Fuente: Fotografía tomada por el autor.

Figura 61: probeta 1.2 durante el ensayo



Fuente: fotografía tomada por el autor.

Figura 62: probeta 1.2 después del ensayo



Fuente: fotografía tomada por el autor.

Figura 63: probeta 1.3 antes del ensayo



Fuente: fotografía tomada por el autor.

Figura 64: probeta 1.3 durante el ensayo



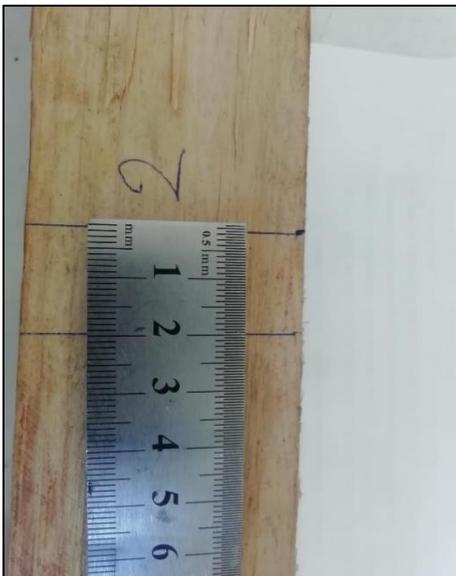
Fuente: fotografía tomada por el autor.

Figura 65: probeta 1.3 después del ensayo



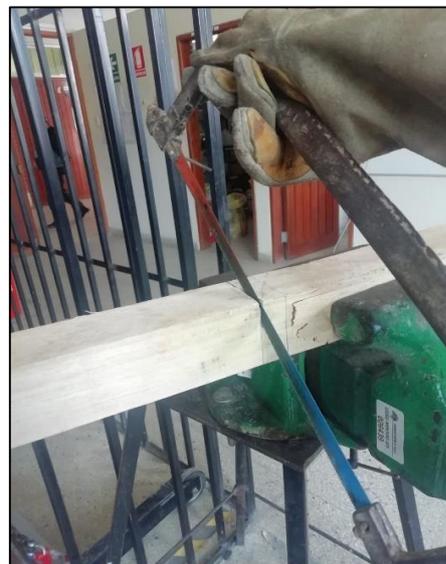
Fuente: fotografía tomada por el autor.

Figura 66: medición de los 2cm cercana a la zona de fractura



Fuente: fotografía tomada por el autor.

Figura 67: corte de los 2 cm cercanos a la zona de fractura



Fuente: fotografía tomada por el autor.

Figura 68: probeta 1.2 con su respectiva muestra cortada cerca de la zona de fractura



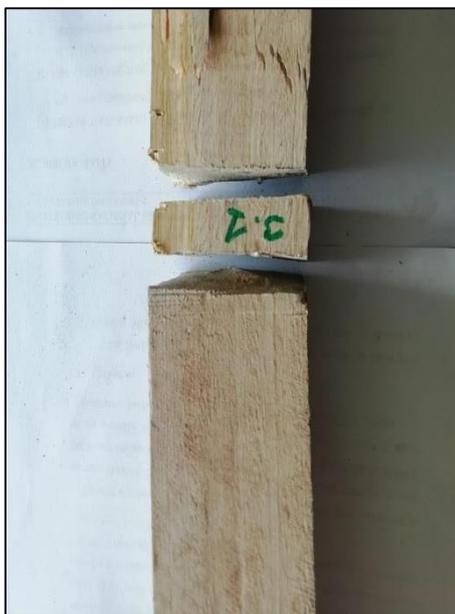
Fuente: fotografía tomada por el autor.

Figura 69: probeta 1.3 con su respectiva muestra cortada cerca de la zona de fractura



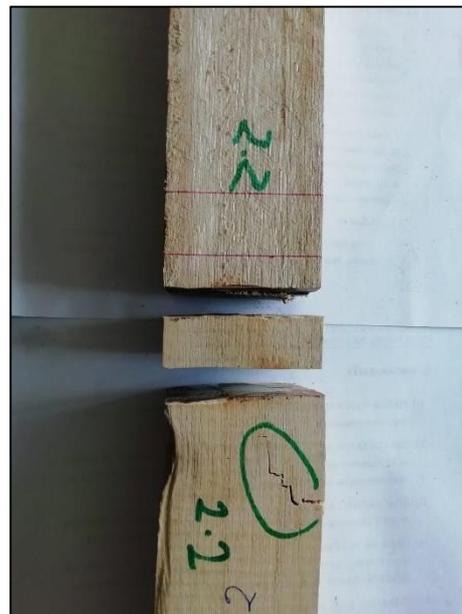
Fuente: fotografía tomada por el autor.

Figura 70: probeta 3.1 con su respectiva muestra cortada cerca de la zona de fractura



Fuente: fotografía tomada por el autor.

Figura 71: probeta 2.2 con su respectiva muestra cortada cerca de la zona de fractura



Fuente: fotografía tomada por el autor.

Figura 72: peso de la probeta 1.2 antes del secado en la estufa de fractura



Fuente: fotografía tomada por el autor.

Figura 73: peso de la probeta 1.2 después del secado en la estufa



Fuente: fotografía tomada por el autor.

Figura 74: peso de la probeta 1.3 antes del secado en la estufa



Fuente: fotografía tomada por el autor.

Figura 75: peso de la probeta 1.3 después del secado en la estufa



Fuente: fotografía tomada por el autor.

Figura 76: peso de la 'probeta 2.2 antes del secado en la estufa



Fuente: fotografía tomada por el autor.

Figura 77: peso de la 'probeta 1.3 después del secado en la estufa



Fuente: fotografía tomada por el autor.

Figura 78: peso de la 'probeta 3.3 antes del secado en la estufa



Fuente: fotografía tomada por el autor.

Figura 79: peso de la 'probeta 3.3 después del secado en la estufa



Fuente: fotografía tomada por el autor.

Figura 80: probetas puestas a 103°C por tres horas como indica la norma



Fuente: fotografía tomada por el autor.

➤ *Ensayo para determinar el contenido de humedad (NTP.251.010)*

Figura 81: peso de la probeta 1.1 antes del secado en la estufa



Fuente: fotografía tomada por el autor.

Figura 82: peso de la probeta 1.1 después del secado en la estufa



Fuente: fotografía tomada por el autor.

Figura 83: peso de la probeta 3.1 antes del secado en la estufa



Fuente: fotografía tomada por el autor.

Figura 84: peso de la probeta 3.1 después del secado en la estufa



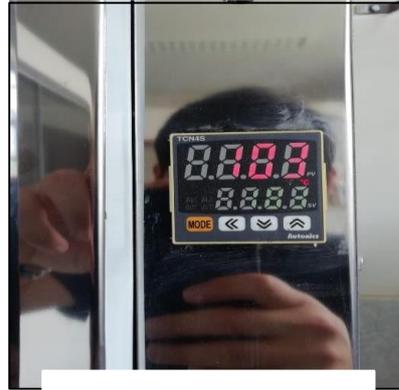
Fuente: fotografía tomada por el autor.

Figura 85: probetas puestas a la estufa



Fuente: fotografía tomada por el autor.

Figura 86: probetas a 103°C



Fuente: fotografía tomada por el autor.

➤ *Ensayo de tensión perpendicular a las fibras (NTP. 251.086)*

Figura 87: probetas antes del ensayo



Fuente: fotografía tomada por el autor.

Figura 88: probetas durante el ensayo



Fuente: fotografía tomada por el autor.

Figura 89: probetas 1.a durante el ensayo



autor.

Figura 90: probetas 1.a después del ensayo



Fuente: fotografía tomada por el autor.

- *Ensayo de tensión paralela a las fibras (NTP. 251.085)*

Figura 91: probetas para el ensayo



Fuente: fotografía tomada por el autor

Figura 92: probeta 1.1 antes del ensayo



Fuente: fotografía tomada por el autor

Figura 94: probeta 1.1 después del ensayo



Fuente: fotografía tomada por el autor

Figura 93: probeta 1.1 durante el ensayo



Fuente: fotografía tomada por el autor

Figura 95: probeta 1.3 antes del ensayo



Fuente: fotografía tomada por el autor

Figura 96: probeta 1.3 durante el ensayo



Fuente: fotografía tomada por el autor

Figura 97: probeta 1.1 después del ensayo

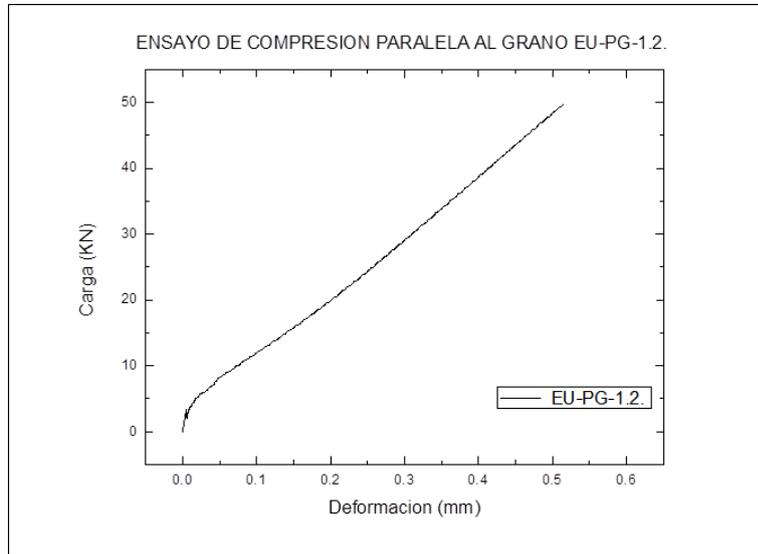


Fuente: fotografía tomada por el autor

ANEXO 5
CURVAS CARGA- DEFORMACIÓN

- grafico compresión axial o paralela al grano

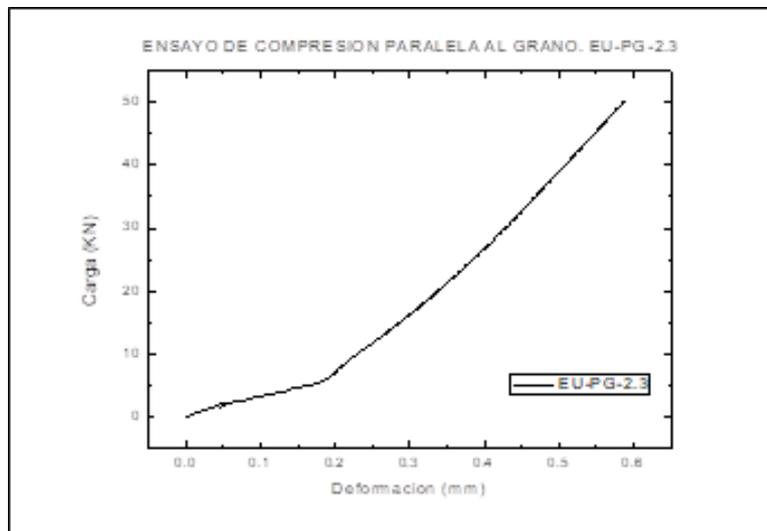
Figura 98: grafica compresión paralela al grano muestra 1.2



Fuente: laboratorio Universidad Nacional de Trujillo

Figura 99:

Grafica compresión paralela al grano muestra 2.3

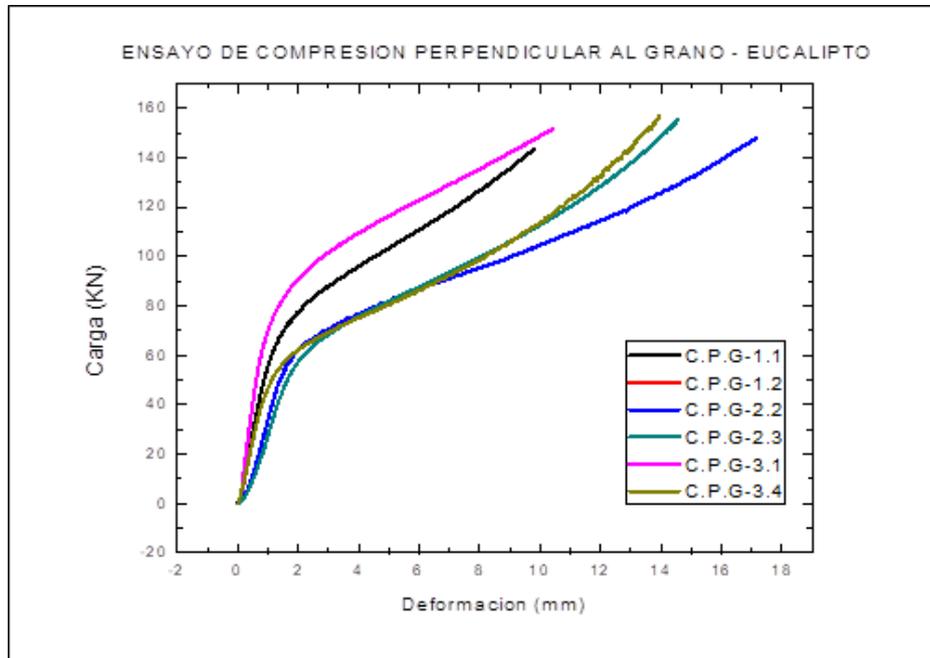


Fuente: laboratorio Universidad Nacional de Trujillo

➤ gráfico compresión perpendicular al grano

Figura 100:

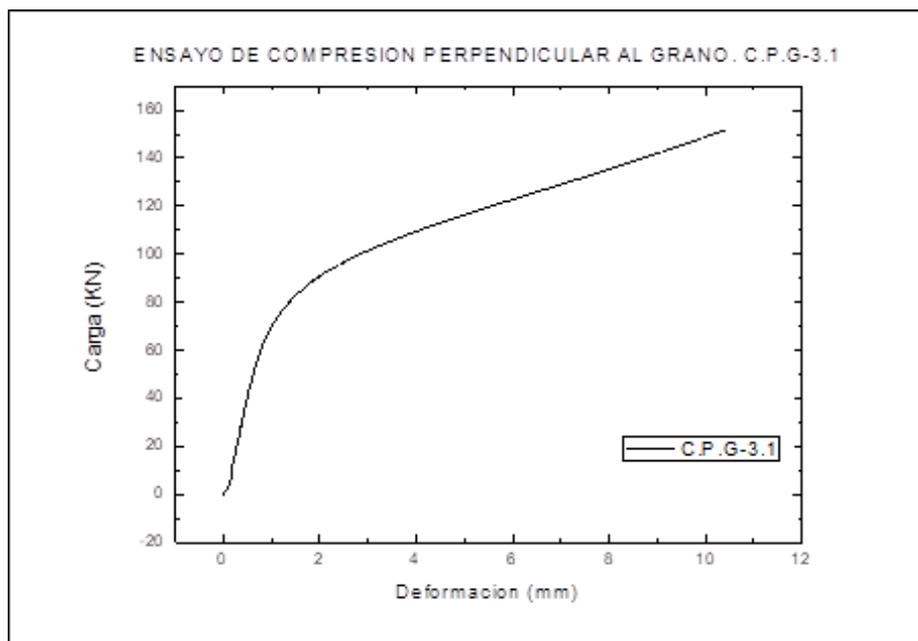
Grafica Compresión perpendicular al grano



Fuente: laboratorio Universidad Nacional de Trujillo

Figura 101

Grafica compresión perpendicular al grano muestra 3.1

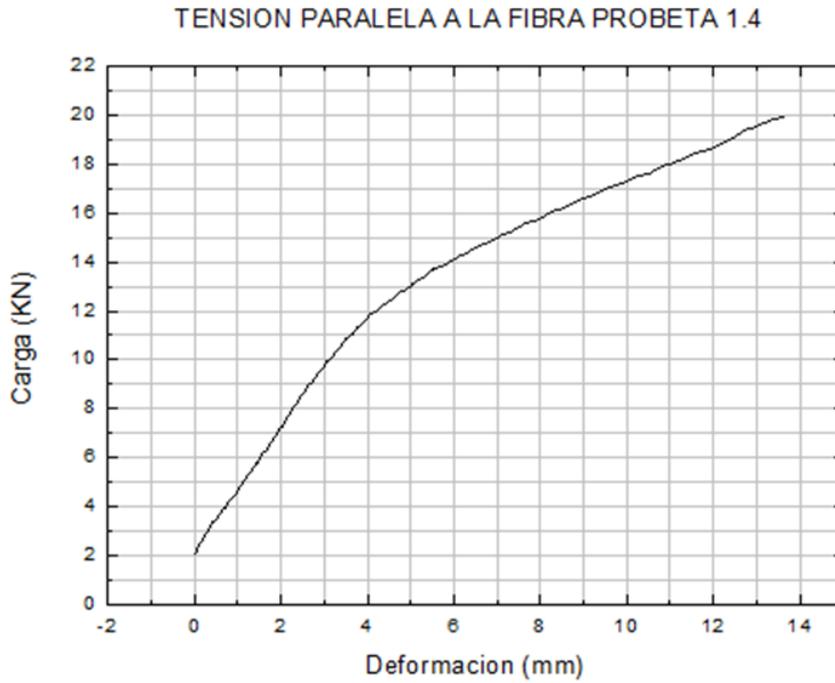


Fuente: laboratorio Universidad Nacional de Trujillo

Grafica tensión paralela a las fibras

Figura 102:

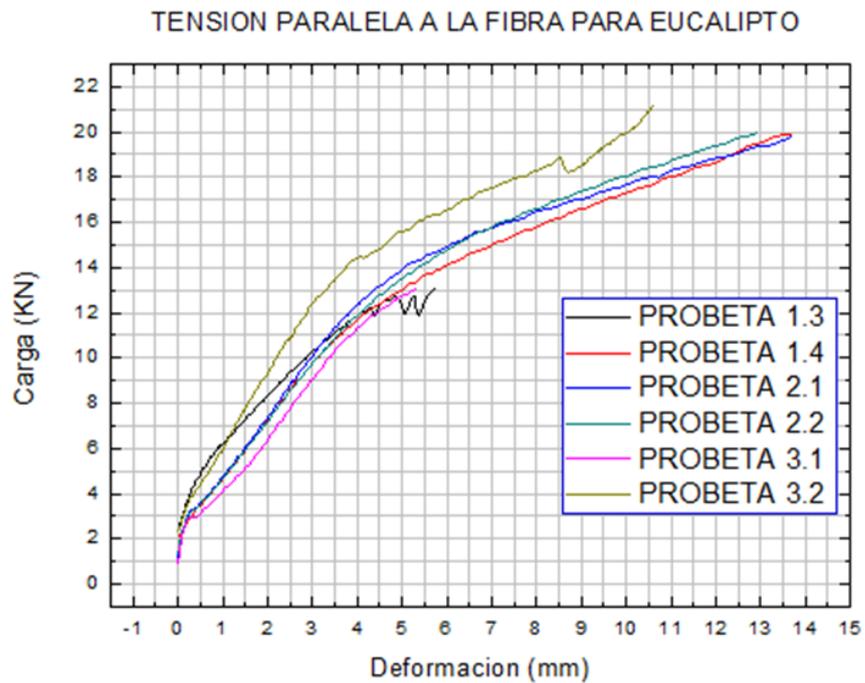
Grafica tensión paralela a la fibra



Fuente: Laboratorio Universidad Nacional de Trujillo

Figura 103

Grafica tensión paralela a la fibra



Fuente: Laboratorio Universidad Nacional de Trujillo