

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
CHOTA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



DETERMINACIÓN DE LOS ESFUERZOS ADMISIBLES DE LA
MADERA SAUCE “*SALIX ALBA*” EN RELACIÓN CON SU EDAD, C.P.

CABRACANCHA, CHOTA, 2020

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Presentado por: DARWIN JHOHAN BURGA BARBOZA

Asesor: Mg. JOSÉ LUIS SILVA TARRILLO

Chota – Perú

2022



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: Burga Barboza Darwin Jhohan

Código del alumno: 2015052003

Correo electrónico: jhohanburga19@gmail.com

Teléfono: 960234555

DNI: 76404627

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:

DETERMINACIÓN DE LOS ESFUERZOS ADMISIBLES DE LA MADERASAUCE "SALIX ALBA" EN RELACIÓN CON SU EDAD, C.P. CABRACANCHA, CHOTA, 2020

5. FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

6. ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

7. ASESOR:

Apellidos y Nombres: Silva Tarrillo José Luis

Correo electrónico: jlsilvat@unach.edu.pe

Teléfono: 979 006 832

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.

FIRMA: Darwin Jhohan Burga Barboza

DNI. 76404627

Fecha, 24 de enero del 2022

**Determinación de los esfuerzos admisibles de la madera sauce
“*Salix alba*” en relación con su edad, C.P. Cabracancha,
Chota, 2020**

POR:

DARWIN JHOHAN BURGA BARBOZA

**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



Mg. Ing. Claudia Emilia Benavidez Núñez

PRESIDENTE

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Luis Alberto Orbegoso Navarro'.

Dr. Ing. Luis Alberto Orbegoso Navarro

SECRETARIO

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Cristhian Saúl López Villanueva'.

Mg. Ing. Cristhian Saúl López Villanueva

VOCAL

AGRADECIMIENTOS

A mi asesor Mg.Ing. José Luis Silva Tarrillo por guiarme en esta investigación con sus conocimientos y colaboración que permitió el desarrollo de esta tesis, también agradecer a mis profesores que me acompañaron con sus enseñanzas durante mi etapa formativa universitaria.

DEDICATORIA

A Dios, por darme sabiduría y fortaleza para concluir una importante etapa de mi formación profesional, a mis padres Jaime Burga Acuña y Rosa Flor Barboza López quienes me apoyaron incondicionalmente y son mi mayor inspiración, también agradecer a mi querida hermana Ana Fanny Burga Barboza por sus consejos y motivación que siempre me brinda para superarme cada día y ser un mejor profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	14
1.1. Planteamiento del problema.....	14
1.2. Formulación del problema	17
1.3. Justificación e importancia.....	17
1.4. Delimitación de la investigación.....	18
1.5. Objetivos.....	18
1.5.1. Objetivo general	18
1.5.2. Objetivos específicos.....	18
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	19
2.1. Antecedentes de la investigación	19
2.1.1. Antecedentes internacionales	19
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	21
2.1.3. Antecedentes regionales	22
2.2. Marco teórico	24
2.2.1. Árbol de sauce	24
2.2.2. Madera.....	25
2.2.3. Proceso de obtención de la madera	27
2.2.4. Propiedades físico-mecánicas de la madera	29
2.2.5. Ensayos en madera	30

2.2.6.	Esfuerzos admisibles de la madera.....	38
2.2.7.	Clasificación estructural de la madera.....	38
2.2.8.	Influencia de la edad del árbol en la resistencia de la madera	39
2.3.	Definición de términos	40
CAPÍTULO III. PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES.....		41
3.1.	Hipótesis	41
3.2.	Variables.....	41
3.2.1.	Variable independiente.....	41
3.2.2.	Variable dependiente.....	41
3.3.	Operacionalización de variables	42
CAPÍTULO IV. MARCO METODOLÓGICO		43
4.1.	Ubicación geográfica del estudio.....	43
4.2.	Unidad de análisis, población y muestra	44
4.2.1.	Población.....	44
4.2.2.	Muestra.....	46
4.3.	Tipo y descripción del diseño de investigación	49
4.3.1.	Tipo de investigación	49
4.3.2.	Diseño de investigación.....	49
4.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	51
4.4.1.	Técnicas de recolección de los datos.....	51
4.4.2.	Instrumentos para la recolección de los datos	51
4.5.	Técnicas para el procesamiento y análisis de información.....	52
4.5.1.	Procedimiento para la obtención de información.....	52

4.5.2.	Procesamiento y presentación de información	53
4.5.3.	Análisis e interpretación de información.....	53
4.6.	Matriz de consistencia metodológica	54
CAPÍTULO V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		55
5.1.	Presentación de resultados	55
5.1.1.	Propiedades mecánicas de la madera	55
5.1.2.	Esfuerzos admisibles de la madera.....	83
5.1.3.	Clasificación de la madera	89
5.2.	Análisis, interpretación y discusión de resultados.....	97
5.3.	Contrastación de hipótesis	101
CONCLUSIONES		106
RECOMENDACIONES		107
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		108
ANEXOS		113
Anexo N° 1.	Matriz de consistencia	113
Anexo N° 2.	Panel fotográfico	114
Anexo N° 3.	Documentación.....	118
Anexo N° 4.	Análisis estadístico	124
Anexo N° 5.	Resultados ensayos de laboratorio	125
Anexo N° 6.	Planos	126

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Etapas del proceso de secado de madera y sus objetivos	28
Tabla 2	Coeficientes considerados para la determinación de los esfuerzos admisibles	38
Tabla 3	Densidad Básica	38
Tabla 4	Módulo de elasticidad para los grupos A, B y C.....	39
Tabla 5	Esfuerzos admisibles	39
Tabla 6	Cuadro de operacionalización de variables	42
Tabla 7	Numero de muestras de estudio	46
Tabla 8	Número total, de probetas para ensayos con variación de edad	48
Tabla 9	Probetas para ensayos mecánicos en madera de cada edad de madurez	48
Tabla 10	Tipo de investigación según los principales criterios.....	49
Tabla 11	Código de los especímenes de madera sometidos a ensayos mecánicos.....	55
Tabla 12	Compresión paralela al grano.....	56
Tabla 13	Esfuerzo máximo a compresión – deformación unitaria, madera 10 años.....	57
Tabla 14	Esfuerzo máximo a compresión – deformación unitaria, madera 20 años.....	57
Tabla 15	Esfuerzo máximo a compresión – deformación unitaria, madera 30 años.....	58
Tabla 16	Esfuerzo máximo a compresión – deformación unitaria, madera 40 años.....	59
Tabla 17	Contenido de humedad posterior al ensayo de compresión axial.....	60
Tabla 18	Compresión perpendicular al grano	61
Tabla 19	Esfuerzo máximo a compresión perpendicular – deformación unitaria, madera 10 años	61
Tabla 20	Esfuerzo máximo a compresión perpendicular – deformación unitaria, madera 20 años	62
Tabla 21	Esfuerzo máximo a compresión perpendicular – deformación unitaria, madera 30 años	63
Tabla 22	Esfuerzo máximo a compresión perpendicular – deformación unitaria, madera 40 años	63
Tabla 23	Contenido de humedad posterior al ensayo de compresión perpendicular	64
Tabla 24	Flexión estática.....	65
Tabla 25	Esfuerzo máximo a flexión – deformación unitaria, madera 10 años	66
Tabla 26	Esfuerzo máximo a flexión – deformación unitaria, madera 20 años	67
Tabla 27	Esfuerzo máximo a flexión – deformación unitaria, madera 30 años	67
Tabla 28	Esfuerzo máximo a flexión – deformación unitaria, madera 40 años	68
Tabla 29	Contenido de humedad posterior al ensayo de flexión estática.....	69
Tabla 30	Tracción paralela a la fibra.....	70

Tabla 31. Esfuerzo máximo a tracción – deformación unitaria, madera 10 años.....	71
Tabla 32. Esfuerzo máximo a tracción – deformación unitaria, madera 20 años.....	71
Tabla 33. Esfuerzo máximo a tracción – deformación unitaria, madera 30 años.....	72
Tabla 34. Esfuerzo máximo a tracción – deformación unitaria, madera 40 años.....	73
Tabla 35. Tensión perpendicular a la fibra.....	74
Tabla 36. Esfuerzo máximo a tensión perpendicular – deformación unitaria, madera 10 años	74
Tabla 37. Esfuerzo máximo a tensión perpendicular – deformación unitaria, madera 20 años	75
Tabla 38. Esfuerzo máximo a tensión perpendicular – deformación unitaria, madera 30 años	76
Tabla 39. Esfuerzo máximo a tensión perpendicular – deformación unitaria, madera 40 años	76
Tabla 40. Contenido de humedad posterior al ensayo de tracción perpendicular a la fibra	77
Tabla 41. Cizallamiento paralelo al grano.....	78
Tabla 42. Esfuerzo máximo a cizallamiento – deformación unitaria, madera 10 años	79
Tabla 43. Esfuerzo máximo a cizallamiento – deformación unitaria, madera 20 años	80
Tabla 44. Esfuerzo máximo a cizallamiento – deformación unitaria, madera 30 años	80
Tabla 45. Esfuerzo máximo a cizallamiento – deformación unitaria, madera 40 años	81
Tabla 46. Contenido de humedad posterior al ensayo de cizallamiento paralelo al grano.....	82
Tabla 47. Factores de corrección para determinar los esfuerzos admisibles de la madera	83
Tabla 48. Esfuerzo admisible a compresión paralela	84
Tabla 49. Esfuerzo admisible a compresión perpendicular.....	85
Tabla 50. Esfuerzo admisible a flexión estática	86
Tabla 51. Esfuerzo admisible a tracción paralela.....	87
Tabla 52. Esfuerzo admisible a corte paralelo	88
Tabla 53. Densidad básica de la madera sauce.....	90
Tabla 54. Módulo de elasticidad de la madera sauce	90
Tabla 55. Esfuerzos admisibles (kg/cm ²) de la madera según la norma E.010	91
Tabla 56. Propiedades mecánicas de la madera sauce según edad del árbol.....	98
Tabla 57. Esfuerzos admisibles de la madera sauce según edad del árbol.....	99
Tabla 58. Clasificación de la madera sauce de 30 años de edad	100
Tabla 59. Esfuerzos admisibles de la madera sauce según edad, para análisis ANOVA.....	102
Tabla 60. Análisis de varianza ANOVA de los esfuerzos admisibles de la madera sauce según edad	103
Tabla 61. Resumen del modelo para los esfuerzos admisibles de la madera sauce según edad	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Medición del tronco de los árboles de sauce de 10 años	16
Figura 2	Parte del árbol de sauce	24
Figura 3	Corte transversal del tronco del árbol para observar su estructura	26
Figura 4	Máquinas complementarias del proceso de aserrío	27
Figura 5.	Dimensiones de las probetas (mm).....	36
Figura 6.	Ubicación del centro poblado Cabracancha.....	43
Figura 7.	Centro poblado Cabracancha.....	44
Figura 8.	Características de la plantación de árboles de sauce.....	45
Figura 9.	Mapa de la plantación de árboles de sauce	45
Figura 10.	Muestreo de árboles por cada subsector definido según edad de la plantación.....	47
Figura 11.	Selección de la vigueta en la troza.....	47
Figura 12.	Diseño de investigación experimental	50
Figura 13.	Compresión paralela al grano	56
Figura 14.	Esfuerzo compresión – deformación unitaria, madera 10 años	57
Figura 15.	Esfuerzo compresión – deformación unitaria, madera 20 años	58
Figura 16.	Esfuerzo compresión – deformación unitaria, madera 30 años	58
Figura 17.	Esfuerzo compresión – deformación unitaria, madera 40 años	59
Figura 18.	Contenido de humedad posterior al ensayo de compresión axial	60
Figura 19.	Compresión perpendicular al grano.....	61
Figura 20.	Esfuerzo compresión perpendicular – deformación unitaria, madera 10 años	62
Figura 21.	Esfuerzo compresión perpendicular – deformación unitaria, madera 20 años	62
Figura 22.	Esfuerzo compresión perpendicular – deformación unitaria, madera 30 años	63
Figura 23.	Esfuerzo compresión perpendicular – deformación unitaria, madera 40 años	64
Figura 24.	Contenido de humedad posterior al ensayo de compresión perpendicular	65
Figura 25.	Flexión estática	66
Figura 26.	Esfuerzo flexión – deformación, 10 años	66
Figura 27.	Esfuerzo flexión – deformación, 20 años	67
Figura 28.	Esfuerzo flexión – deformación, 30 años	68
Figura 29.	Esfuerzo flexión – deformación, 40 años	68
Figura 30.	Contenido de humedad posterior al ensayo de flexión estática	69
Figura 31.	Tracción paralela a la fibra	70
Figura 32.	Esfuerzo tracción – deformación, 10 años.....	71
Figura 33.	Esfuerzo tracción – deformación, 20 años.....	72
Figura 34.	Esfuerzo tracción – deformación, 30 años.....	72

Figura 35. Esfuerzo tracción – deformación, 40 años	73
Figura 36. Tracción perpendicular a la fibra	74
Figura 37. Esfuerzo tensión perpendicular – deformación, 10 años	75
Figura 38. Esfuerzo tensión perpendicular – deformación, 20 años	75
Figura 39. Esfuerzo tensión perpendicular – deformación, 30 años	76
Figura 40. Esfuerzo tensión perpendicular – deformación, 40 años	77
Figura 41. Contenido de humedad posterior al ensayo de tracción perpendicular a la fibra	78
Figura 42. Cizallamiento paralelo al grano	79
Figura 43. Esfuerzo tensión perpendicular – deformación, 10 años	79
Figura 44. Esfuerzo tensión perpendicular – deformación, 20 años	80
Figura 45. Esfuerzo cizallamiento – deformación, 30 años	81
Figura 46. Esfuerzo cizallamiento – deformación, 40 años	81
Figura 47. Contenido de humedad posterior al ensayo de cizallamiento paralelo al grano	82
Figura 48. Esfuerzo admisible a compresión paralela.....	84
Figura 49. Esfuerzo admisible a compresión perpendicular	85
Figura 50. Esfuerzo admisible a flexión estática.....	86
Figura 51. Esfuerzo admisible a tracción paralela	87
Figura 52. Esfuerzo admisible a corte paralelo	88
Figura 53. Vista de la sección transversal y longitudinal de la madera “Salix alba”	89
Figura 54. Clasificación estructural según el esfuerzo admisible a compresión paralela al grano	92
Figura 55. Clasificación estructural según el esfuerzo admisible a compresión perpendicular al grano.....	93
Figura 56. Clasificación estructural según el esfuerzo admisible a flexión	94
Figura 57. Clasificación estructural según el esfuerzo admisible a tracción paralela	95
Figura 58. Clasificación estructural según el esfuerzo admisible a corte paralelo.....	96
Figura 59. Variación de los esfuerzos admisibles de la madera sauce según edad del árbol ..	105

RESUMEN

El sauce se ha convertido en una de las materias primas ideales para la industrialización (Tucu, 2014), este tipo de madera se utiliza en la construcción, como paneles, tableros, vigas, pilares o tijerales (Ramage, 2017; Barton-Pudlik y Czaja, 2018), pero sus esfuerzos admisibles pueden cambiar según la edad del árbol (Espinoza, 2018). Por ello, la investigación tuvo como objetivo “Determinar los esfuerzos admisibles de la madera sauce “*Salix alba*” del centro poblado Cabracancha del distrito de Chota,” en relación con su edad”.

Es un estudio aplicativo donde se determinó la edad de los árboles según la fecha de plantación indicada por los comuneros del C.P de Cabracancha, validándose esta información al cortar el árbol y contar los anillos de crecimiento de la sección transversal. Se ensayaron como muestra probetas de madera extraídas de árboles de sauce de 10, 20, 30 y 40 años del CP Cabracancha, determinado que presentan altos esfuerzos admisibles a compresión paralela (37.81, 80.50, 97.21, 90.03 kg/cm²), compresión perpendicular (54.68, 82.51, 123.83, 98.03 kg/cm²), flexión estática (255.89, 300.00, 373.01, 290.06 kg/cm²), tracción paralela (182.68, 226.31, 179.09, 258.84 kg/cm²) y corte paralelo (10.13, 9.26, 11.16, 10.86 kg/cm²), respectivamente. Finalmente, se concluyó que la madera Sauce debe ser usada a partir de los 20 años por un tiempo máximo de 20 años, pues, posiblemente a partir de esta edad, la madera empieza a “deteriorarse internamente”. Así mismo, según los esfuerzos admisibles de la madera sauce a los 30 años de edad, se clasifica en el grupo estructural “C” de la norma E.010 (MVCS, 2021), lo que significa que puede ser utilizado como material para la elaboración de vigas, viguetas y armaduras de madera para techos de las edificaciones.

Palabras clave: clasificación estructural, flexión estática, compresión paralela, perpendicular, cizallamiento, norma E.010.

ABSTRACT

Willow has become one of the ideal raw materials for industrialization (Tucu, 2014), this type of wood is used in construction, such as panels, boards, beams, pillars or scissors (Ramage, 2017; Barton-Pudlik and Czaja, 2018), but its admissible stresses can change according to the age of the tree (Espinoza, 2018). Therefore, the research aimed to "Determine the allowable stresses of willow wood "Salix alba" from the Cabracancha village center of the district of Chota," as a function of the tree's age of maturity". In the application study, the age of the trees was determined according to the planting date indicated by the Cabracancha community members. This information was validated by cutting the tree and counting the growth rings in the cross section. Wood specimens extracted from willow trees 10, 20, 30 and 40 years old from the Cabracancha CP were tested as samples, determined to have high admissible stresses in parallel compression (37.81, 80.50, 97.21, 90.03 kg/cm²), perpendicular compression (54.68, 82.51, 123.83, 98.03 kg/cm²), static bending (255.89, 300.00, 373.01, 290.06 kg/cm²), parallel tension (182.68, 226.31, 179.09, 258.84 kg/cm²) and parallel shear (10.13, 9.26, 11.16, 10.86 kg/cm²), respectively. Finally, it was concluded that the allowable stresses of willow wood from the Cabracancha population center increase up to 30 years of age and then tend to decrease its structural capacity, likewise, willow wood according to its mechanical properties is classified in structural group "C" of the E.010 standard (MVCS, 2021).

Key words: structural classification, static bending, parallel compression, perpendicular compression, shear, standard E.010.

CAPÍTULO I.

INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

La madera se utiliza comercialmente en la industria a gran escala para la construcción, como vigas, pilares o tijerales (Prasetyo et al, 2017). El sauce es un árbol de crecimiento rápido que puede obtenerse de hábitats naturales, así como de plantaciones establecidas intencionalmente (Tyśkiewicz, et al, 2019, p. 1235). Debido a sus características de alta productividad, corto tiempo de rotación, capacidad para crecer en condiciones poco favorables (tierras) y uso en la depuración de agua (Dou, 2018), se ha convertido en una de las materias primas ideales para la industrialización (Dou, et al., 2018), siendo así una de las maderas más procesadas (Hobisch et al, 2020).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2018) destaca la importancia del sector construcción en el consumo de madera aserrada y productos de madera en el Perú. Chávez (2021) argumenta que los principales subsectores de productos madereros en Perú en el año 2020 fueron los productos semifabricados, madera aserrada, productos manufacturados, leña y carbón vegetal, en porcentajes de 67.42, 26.70, 5.70 y 0.18% respectivamente, siendo, principalmente empleados en la construcción.

El uso de madera para fines estructurales en el país está regido por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2021) en la norma E.010 del “Reglamento Nacional de Edificaciones” (RNE), no obstante, en dicha norma solo se encuentra la agrupación estructural de 25 tipos de especies forestales, por lo que faltan investigaciones de otras especies madereras de uso masivo, como el sauce.

La región de Cajamarca se caracteriza por ser un paraje cubierto por distintas especies forestales, mismas que son utilizadas por los pobladores locales con fines estructurales. “El 70.3% de las viviendas cajamarquinas están construidas predominantemente con materiales tradicionales, como adobe, tapial y madera” (Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), 2018); pero se desconocen las propiedades físico-mecánicas de las especies madereras o si estas presentan esfuerzos admisibles máximos para ser consideradas dentro de los grupos de clasificación A, B o C de la norma E.010 (MVCS, 2021), así mismo, tampoco se ha definido una edad de tala y aserrado del árbol, aun cuando investigaciones, como la de Espinoza (2018) han demostrado que la resistencia mecánica de la madera depende directamente de la edad del árbol.

El centro poblado Cabracancha, ubicado en el distrito y provincia de Chota, región Cajamarca, cuenta con un área de 39.98 has, se caracteriza por haber mantenido sus tradiciones a pesar del crecimiento demográfico. La Municipalidad Provincial de Chota (MPCH, 2018) ha considerado a este centro poblado como parte del sector 8 de la ciudad de Chota, debido a que en este lugar se han lotizado y se están vendiendo gran cantidad de terrenos, marcando una tendencia de crecimiento, no obstante, los pobladores mantienen sus construcciones tradicionales con adobe o tapial para las paredes, y madera para vigas y tijerales de los techos, aún con las nuevas construcciones de material noble, continúan utilizando la madera como viguetas para sostener sus techos de calamina, aun cuando al no conocer los esfuerzos admisibles de la madera no se puede asegurar el uso o aplicación estructural.

Una de las especies madereras más comunes y utilizada en el centro poblado Cabracancha es el sauce, cuyo nombre científico es “salix alba”, mismo

que no se encuentra considerado dentro de la norma E.010, es decir no existen datos técnicos sobre sus esfuerzos admisibles; además, las plantaciones de sauce en dicho centro poblado han sido sembradas, en diferentes años, lo que ha ocasionado que en la actualidad exista una variedad de árboles con diferente edad de madurez, detectándose esta característica por el diámetro que tienen, es decir, a menor edad, menor diámetro.

Por ello, es necesario realizar un estudio que permita determinar las propiedades físicas y mecánicas de la madera el sauce considerando que es un árbol de rápida plantación, producción y consumo masivo en el centro poblado de Cabracancha, Chota.

Figura 1

Medición del tronco de los árboles de sauce de 10 años



1.2. Formulación del problema

¿Cuáles serán los esfuerzos admisibles de la madera el sauce “*Salix alba*” con relación a su edad, sembrados en los bosques aledaños al centro poblado Cabracancha del distrito de Chota?

1.3. Justificación e importancia

En las diferentes regiones del Perú, se sigue utilizando a la madera como elemento estructural, ya sea como viguetas, pilares, tijerales, entre otros; sin embargo, la norma E.010 del MVCS (2021) solo ha agrupado estructuralmente (grupos A, B o C) a 25 especies forestales, por lo que existe un sin número de especies madereras que no tienen información sobre sus propiedades mecánicas y esfuerzos admisibles, pero son utilizadas en la construcción. Una de esas especies forestales de la que se desconoce su información técnica es el sauce sembrado en los bosques aledaños al centro poblado Cabracancha, ubicado en el distrito y provincia de Chota, región Cajamarca, el mismo que es utilizado por los pobladores como viguetas y tijerales para la construcción de los techos de sus viviendas; los pobladores asentados en estos lugares, tienen la costumbre de utilizar esta madera en la construcción de sus viviendas, especialmente en la parte estructural de sus tijerales, vigas, viguetas y umbrales, pudiéndose verificar esta información “in situ”; lo lugareños por tradición, saben que cuanto más grueso es el diámetro del tronco, más edad tiene este, pudiendo estimar con bastante exactitud la edad que tiene.

El objeto de estudio surgió a partir de estudios realizados por Dahle et al. (2017); Espinoza (2018), Moore y Cown (2017), entre otros, que sugieren una variación de los esfuerzos admisibles de la madera según la edad del árbol, motivándome determinar estas propiedades físicas mecánicas del árbol

denominado sauce, pues es una especie que aún no está clasificada en el contexto de la Norma E 010 (MVCS, 2021).

1.4. Delimitación de la investigación

Se ha desarrollado en el ámbito geográfico del centro poblado Cabracancha, ubicado en el distrito de Chota, región Cajamarca, especialmente considerando los bosques dispersos en los alrededores de esta comunidad.

Una de las limitaciones es que los laboratorios de la ciudad universitaria de Colpamatara no se encuentran atendiendo con regularidad, sin embargo, se trabajará con el laboratorio de suelos SEGEMA ubicado en la ciudad de Ferreñafe de la región de Lambayeque, así como que no se podrá determinar con exactitud la edad del árbol en función a la presencia de anillos en el seccionamiento de las muestras seleccionadas, ya que no se contó con un especialista forestal.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Determinar los esfuerzos admisibles de la madera sauce “*Salix alba*” del centro poblado Cabracancha del distrito de Chota,” en relación con su edad.

1.5.2. Objetivos específicos

- Determinar las propiedades mecánicas: compresión paralela, compresión perpendicular, cizallamiento, flexión estática, tensión paralela y tensión perpendicular a las fibras, de la madera el sauce del centro poblado Cabracancha, obtenida a partir de árboles de 10, 20, 30 y 40 años.
- Determinar los esfuerzos admisibles a compresión paralela, compresión perpendicular, flexión estática, tensión y corte paralelos de la madera el sauce del centro poblado Cabracancha, obtenida a partir de árboles con 10, 20 30 y 40 años de madurez.

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Dahle et al. (2017) en su artículo científico “A review of factors that affect the static load-bearing capacity of urban trees” realizaron una revisión de los factores que afectan la capacidad de carga estática de los árboles. Determinaron que la capacidad de carga de un árbol depende de su tamaño, forma y propiedades; así mismo aseveran que las propiedades de la madera varían en relación con la dirección de carga, el contenido de humedad y la edad del árbol; también hacen mención a que, el deterioro de la madera reduce la capacidad de carga de un árbol. Concluyen, que la resistencia mecánica de la madera se ve afectada por la edad del árbol, pero aún quedan muchas interrogantes sobre la capacidad de carga de los árboles que deberán ser resueltas mediante pruebas de laboratorio.

da Silva, et al. (2020) en su artículo científico “Properties of juvenile wood of *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (paricá) under different cropping systems” estudiaron las propiedades de la madera juvenil de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (paricá) bajo diferentes sistemas de cultivo, en el estado de Pará, Brasil. Determinaron que, a pesar de la edad juvenil de la madera está presenta propiedades físico-mecánicas dentro del estándar. Así mismo, la madera producida en el suelo tratado del sistema agroforestal (AFS) es significativamente diferente en relación al sistema de monocultivo: la densidad y resistencia a compresión paralela a las fibras de la madera es menor en el AFS.

Chahal, et al. (2021) en su investigación “Mechanical characteristics of wood-bark interface of shrub willow” estudiaron las características mecánicas de

la interfaz madera-corteza del sauce arbusto. Los resultados muestran un módulo de cizallamiento de 0.34 GPa, módulo de tenacidad de 12,84 kPa, ductilidad de 0.02, así mismo la deformación es mayor en las muestras recolectadas en temporada de inactividad en comparación con la temporada de crecimiento.

Li, et al. (2017) en su investigación “Influence of density on properties of compressed weeping willow (*Salix babylonica*) wood panels” estudiaron la influencia de la densidad en las propiedades de los paneles de madera de sauce llorón comprimido. Los resultados experimentales mostraron que la madera sauce tiene buena resistencia mecánica, así mismo, la deformación celular, la resistencia del compuesto y la eficiencia de hinchamiento de volumen tiende a aumentar con el aumento de la densidad. Concluyendo que el panel de madera de sauce llorón comprimido de mayor densidad es adecuado para productos de madera estructurales y materiales de ingeniería, mientras que el de menor densidad es adecuado para uso como material decorativo, debido a su menor resistencia y mayor facilidad de recubrimiento.

Guarderas (2018) en su investigación “Caracterización del módulo de elasticidad estático y dinámico de la madera *Bactris Gasipaes* (Chonta) de Ecuador” analizó la microestructura de la madera mediante la observación del diseño de fibras, y la macroestructura mediante ensayos mecánicos de tracción, compresión y flexión (MOE). Determinó que la madera *Bactris Gasipaes* tiene una resistencia a tracción, compresión paralela, compresión perpendicular y módulo de elasticidad de 123.24 MPa, 101.073 MPa, 10.127 MPa y 15.23 GPa respectivamente. Concluyó que el módulo de elasticidad disminuye y las resistencias aumentan a mayor edad del árbol.

Segura-Elizondo (2019) en su estudio “Propiedades de la madera de Cedrela odorata de nueve y diez años en un SAF con Theobroma cacao, comparado con una plantación pura de diez años. Turrialba, Costa Rica”, analizó las propiedades morfológicas, físicas y mecánicas de la madera de árboles crecidos en sistemas agroforestal (SAF) de 9 y 10 años y en sistemas de plantaciones puras de 10 años. Determinó que la compresión era 14.97, 21.27 y 20.89 MPa; el cizalle ascendía a 15.05, 8.68 y 14.39 MPa; la tensión era 32.31, 34.98 y 38.41 MPa; para muestras de 9 años SAF, 10 años SAF, y 10 años plantación pura respectivamente. La autora concluyó que las propiedades de la madera cambian según el sistema de crecimiento (agroforestal o plantación pura) y según la edad de madurez del árbol.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Barrientos y Luza (2018) en su investigación “Determinación de las propiedades físico-mecánicas de la madera zapote procedente de Puerto Maldonado para la identificación de sus posibles usos estructurales según la norma técnica peruana E. 010” realizaron la selección y colección de muestras por la NTP 251.008, de la madera Zapote en Puerto Maldonado. Determinaron que los esfuerzos admisibles a cizallamiento paralelo, compresión paralela o axial, compresión perpendicular y flexión estática de la madera eran 20.83 kg/cm², 115.55 kg/cm², 45.15 kg/cm², y 221.98 kg/cm², respectivamente. Concluyeron que la madera de zapote proveniente de Puerto Maldonado es de uso estructural.

López (2021) en su investigación “Propiedades físicas y mecánicas de la madera “Quinilla” Manilkara Bidentata como material de construcción en estado verde, Iquitos 2019”, realizó ensayos físico-mecánicos en la madera Quinilla según las normas técnicas peruanas. Determinó que la flexión estática de la

madera tenía un módulo de rotura de 1,006.64 kg/cm², la resistencia a compresión paralela era de 574.85 kg/cm², la compresión perpendicular era 192.70 kg/cm², y el cizallamiento era 123.43 kg/cm². Concluyó que la madera *Manikara Bidentata* “Quinilla Colorada” es apta para su uso como material de construcción.

López, (2018) en su investigación “Determinación de valores admisibles para el diseño estructural con madera seca de especies Cachimbo Colorado y Capirona” obtuvo madera de cuatro proveedores para realizar ensayos físico-mecánicos según los lineamientos de las NTP. De la presente investigación se concluye que los esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad calculados en las maderas Cachimbo Colorado y Capirona en estado seco con un ajuste de contenido de humedad al 12%, son considerablemente mayores a los indicados en la norma E0.10 para el grupo B.

2.1.3. Antecedentes regionales

Espinoza (2018) en su investigación “Estudio de la influencia de la edad del árbol en las propiedades mecánicas de la madera eucalipto en el distrito Bambamarca, Cajamarca – 2018” analizó las propiedades mecánicas de la madera Eucalipto Globulus de dos árboles de cada edad 10, 25, 40 y 55 años. Realizó ensayos mecánicos de compresión, flexión, tensión y cizallamiento. Concluyó, que la madera de Eucalipto debe ser utilizada a partir de los 25 años de madurez estructural, por presentar mejores propiedades mecánicas a partir de esa edad.

Fernández, et al. (2019) en su artículo científico “Propiedades organolépticas, físicas y mecánicas de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken de parcelas agroforestales en Jaén, Cajamarca” realizaron el corte de 15 árboles de diferentes edades (tres grupos: de 0 a 5 años, 11 a 15 años y 16 a 20 años) en las plantaciones agroforestales de “Las Naranjas” de Jaén, para

ensayarlos según las normas técnicas peruanas. Determinaron que el cizallamiento ascendía a 52.77, 56.37 y 60.61 kg/cm², la resistencia a compresión paralela a 131.62, 135.23 y 154.69, la compresión perpendicular a 21.46, 22.10 y 24.07 kg/cm², la flexión estática a 228.05, 236.06 y 256.61 kg/cm², para árboles en tres rangos de edad de 5 a 10 años, de 11 a 15 años y de 16 a 20 años, respectivamente. Por lo que concluyeron que únicamente para la contracción total longitudinal existen diferencias significativas entre las muestras de diferente edad.

Cabanillas (2019) en su tesis “Comparación de las propiedades físicas y mecánicas del Eucalyptus Globulus extraído de Huambocancha y el triunfo – Cajamarca, 2018” tuvo por objeto determinar las propiedades de la madera eucalipto extraído de Huambocancha y El Triunfo de Cajamarca. Elaboró un total de 150 probetas por cada lugar para ensayarlo a compresión, flexión y tracción. Determinó que para la madera de Huambocancha la compresión axial, compresión perpendicular y flexión era 437.31, 73.15 y 641.61 kg/cm², respectivamente, mientras que para la madera de El Triunfo estas propiedades alcanzaban valores de 317.47, 45.76 y 397.86 kg/cm², respectivamente. Concluyó que la madera extraída en Huambocancha presenta mejores propiedades mecánicas

Bacon y Díaz (2016) en su investigación “Determinación de los esfuerzos admisibles de la madera de pino radiata para el diseño de elementos estructurales para viviendas en Cajamarca” tuvo como objetivo determinar los valores más probables de los esfuerzos admisibles a diferentes solicitaciones de carga de la madera de Pino Radiata de Cajamarca, según las normas técnicas peruanas vigentes. Concluyó que la madera de pino radiata de Cajamarca se clasifica en el grupo estructural C, así mismo puede ser útiles en el diseño de diferentes elementos estructurales como vigas, columnas, pies derechos, entablados, etc.

2.2. Marco teórico

2.2.1. *Árbol de sauce*

El sauce pertenece al género *Salix alba*, son árboles o arbustos, que se adaptan a muy diversas condiciones de clima y suelo, alcanza una altura de hasta 30 m, con diámetros de hasta 89.2 cm. Es una especie pionera que se propaga muy bien por semilla y coloniza áreas ribereñas disturbadas con gran disponibilidad de agua y luz, donde forma densos repoblados, también rebrota con facilidad, pero no es una especie longeva, superando raramente los 50 años de edad (Bozzi et al, 2014). Existen muchas especies de sauce, entre ellas: *S. babylonica*, *S. alba*, *S. fragilis*, *S. sepulcralis*, *S. humboldtiana*, *S. argentinensis*, *S. mantsudana*, *S. erythroflexuosa*, *S. viminalis*, *S. Caprea* (Méndez, 2012).

Figura 2

Parte del árbol de sauce



Nota: árbol *Salix alba*. A) rama, B) flores, C) rama. Nota: Tomado de (Méndez, 2012).

2.2.2. *Madera*

La madera es un material biológico de origen vegetal que tiene la función de resistencia mecánica (López, 2018). La madera está formada por fibras de celulosa, sustancia que constituye el esqueleto de los vegetales, y por lignina, sustancia que le proporciona rigidez y dureza. La madera es un material de gran importancia tecnológica e industrial. Desde la antigüedad se ha utilizado en la construcción de viviendas, como viguetas, pilares o tijerales (Silva, 2017). La madera del sauce es muy apreciada y se caracteriza por su liviandad, tenacidad, dureza y por no transmitir olor, propiedades importantes para la fabricación de elementos estructurales (Bozzi et al, 2014).

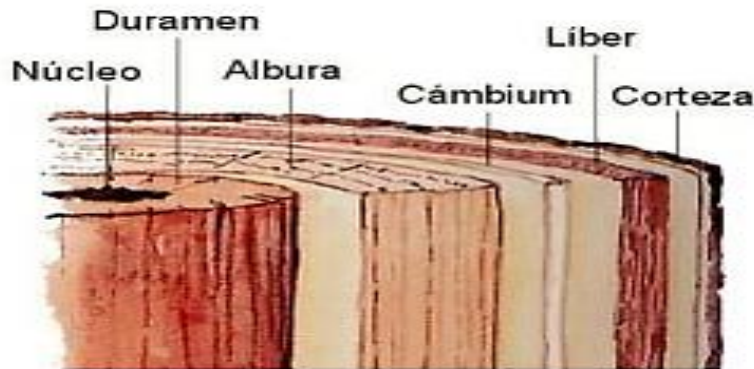
a. **Estructura de la madera**

La estructura de la madera puede visualizarse mediante un corte transversal en el tronco de un árbol, y tiene como elementos a: (Aguilar y Guzowski, 2011, p. 11)

- **Médula o duramen:** fisiológicamente muerto, cumple función de sostén, de color generalmente más oscuro.
- **Albura o leño:** De aspecto blanquecino, formada por células vivas en su parte exterior y es el responsable del transporte de la savia bruta desde la raíz del árbol hasta las partes aéreas.
- **Cambium:** Capa de células vivas entre la albura y la corteza interna. Durante su crecimiento da lugar a la formación de la albura y a nuevas células de la corteza interna.
- **Corteza interna:** Es por donde circula la savia elaborada; está formada por células que poco a poco se desplazan al exterior formando la corteza externa.
- **Corteza externa:** Formada por una capa de células muertas, que protege al árbol contra las inclemencias del tiempo y del ataque de insectos y parásitos.

Figura 3

Corte transversal del tronco del árbol para observar su estructura



Nota: (Aguilar y Guzowski, 2011).

b. Tipos de madera

Maderas duras. Proceden de árboles de un crecimiento lento, tardan décadas, e incluso siglos, en alcanzar el grado de madurez suficiente para ser cortadas y poder ser empleadas en la elaboración de muebles o vigas de los caseríos o viviendas unifamiliares (Silva, 2017).

Maderas blandas. Las maderas blandas provienen de los árboles de crecimiento rápido, perennes y coníferas. El termino blanda no equivale siempre a madera menos resistente; en realidad, se refiere a que son más fáciles de trabajar y mucho más dúctiles (Silva, 2017).

c. Usos de la madera

Según Ospina et al. (2005, p. 34), la madera redonda se utiliza en construcciones livianas, como vigas soleras y en general para elementos estructurales sometidos a cargas según sus propiedades mecánicas. Es adecuada para moldura, carpintería fina, cielos rasos, etc. Por su fácil preservación, se usan como postes para transmisión de energía y para cercas. Puede utilizarse en la fabricación de tableros contrachapados y tableros de partículas, chapas para triplex, cajas corrientes y guacales.

2.2.3. *Proceso de obtención de la madera*

Para obtener la madera, se siguen procesos que van desde la tala del árbol, hasta el cepillado de la madera para su venta comercial, o simplemente hasta el secado para su venta como elemento estructural.

Tala, descortezado, tronzado y transporte. La tala es la acción humana de cortar o trazar árboles, se elige a los mejores para la obtención de la madera (González, 2015). El descortezado es el proceso de eliminación de posibles ramas y despunte ocasional (Provoste, 2004). El tronzado, es el corte del tronco, para producir madera de calidad estructural es conveniente aserrar las piezas en corte radial, para reducir las distorsiones y defectos debidos al secado (Bacón y Díaz, 2016). Finalmente, la madera es transportada al aserradero.

Aserrado. Es la primera transformación de los troncos o madera en rollo, para obtener piezas de madera de secciones rectangulares o cuadradas denominadas tablas o tablones, mediante el uso de aserraderos fijos, móviles y/o portátiles, con elementos cortantes de disco, cinta o de cadena (Santiago, et al., 2013).

Figura 4

Máquinas complementarias del proceso de aserrío

Canteadora	Despuntadora
Es una máquina con sierra de disco, que se utiliza para obtener las piezas o tablas a un ancho determinado.	Es una máquina con sierra de disco, que se utiliza para obtener las piezas o tablas en longitudes definidas.
	

Nota: (Santiago, et al., 2013, p. 63).

Secado. Un proceso de suma importancia en la industria de la madera, tiene como objetivo principal reducir el agua que se encuentra dentro de la madera o simplemente reducir el contenido de humedad de la madera húmeda o verde sin causar defectos que alteren sus propiedades físicas y mecánicas (López, 2018). El secado puede ser natural (al aire) y/o artificial (hornos) (Muñoz, 2008).

Tabla 1

Etapas del proceso de secado de madera y sus objetivos

Etapas del proceso	Objetivo que se persigue en cada etapa
Etapa de calentamiento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Alcanzar las condiciones de temperatura y humedad relativa (HR) del aire dentro de la cámara. 2. Homogenizar la temperatura de toda la carga de madera, así como también se busca homogenizar el contenido de humedad (CH) inicial de la carga.
Etapa de secado	<ol style="list-style-type: none"> 1. Alcanzar CH final establecido en el menor tiempo posible. 2. Obtener CH final homogéneo en toda la carga y menor cantidad de defectos
Etapa de post secado	<p>Tratamientos en post secado:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Igualación: el objetivo es homogenizar el CH de todas las tablas que componen la carga. Este tratamiento se inicia cuando la tabla más seca tiene 2% de CH menos que el CH final deseado y termina cuando la tabla más húmeda alcanza el CH final deseado. El CH deberá ser igual al CH de la tabla más seca. 2. Acondicionamiento: tiene doble objetivo, reducir o eliminar las tensiones de secado entre la superficie y el interior de la pieza y homogenizar el CH en el espesor de la pieza. 3. Enfriamiento: una vez finalizado el secado y realizados los tratamientos anteriores, es conveniente enfriar la madera dentro de la cámara para evitar el riesgo del restablecimiento de las tensiones de secado.

Nota: (Muñoz, 2008, p. 2).

Cepillado. Este proceso tiene como objetivo obtener una superficie plana y de buena calidad después del proceso de aserrío o bien durante la elaboración de un determinado producto (Valdez, et al, 2019).

2.2.4. Propiedades físico-mecánicas de la madera

Según López (2018) las principales propiedades físico-mecánicas de la madera para su análisis estructural son:

2.2.4.1. Propiedades físicas

Contenido de humedad. Es la relación entre la masa de agua contenida en una pieza y la masa de la pieza anhidra (peso seco al horno), expresada en porcentaje.

Densidad básica. La densidad de todo material es la relación entre la masa y el volumen; pero la densidad básica la relación entre la masa seca al horno y el volumen verde.

2.2.4.2. Propiedades mecánicas

Resistencia a compresión paralela. Es la capacidad de la madera para resistir una fuerza en la dirección longitudinal o paralela a la fibra.

Resistencia a compresión perpendicular. Es la resistencia de la madera a una carga en dirección perpendicular a las fibras, esta tiende a comprimir las pequeñas cavidades de las fibras. Al incrementarse la carga perpendicular la pieza se va comprimiendo, aumentando su densidad y también la capacidad de resistir mayor carga en la dirección paralela a su eje.

Resistencia a la tracción paralela. Resistencia a una carga de tracción en dirección al eje paralelo a las fibras, en especímenes pequeños puede llegar a ser dos veces la resistencia a compresión paralela.

Resistencia a flexión. Es la resistencia de una pieza de madera ante la carga puntual aplicada en su centro de luz o una carga distribuida, produciendo una compresión en la parte superior y una tracción en la parte inferior en su sección transversal.

2.2.5. Ensayos en madera

2.2.5.1. Colección de muestras

El tamaño de la muestra dependerá del grado de precisión que se desee lograr en los diferentes ensayos: Para estudios tecnológicos que permitan obtener un valor promedio de las propiedades físicas y mecánicas principalmente, debe tomarse una muestra de por lo menos tres (3) árboles por población, para especies conocidas (Salvador, 2010, p. 5).

2.2.5.2. NTP 251.008 Selección y colección de muestras

a. Selección de las zonas

Para la selección se debe conocer con anterioridad el volumen de madera existente de la especie o especies determinadas por unidad de superficie, en cada una de las zonas cuya población se desea investigar.

b. Selección de los árboles

- Determinación del centro de actividad de la zona, sector o bloque
- Cantidad de árboles a seleccionar
- Ubicación del árbol
- Identificación de la especie

c. Selección de las trozas

Una vez dividido el fuste en trozas de longitud adecuada, se les asignará valores porcentuales de acuerdo con el volumen que la troza represente dentro del fuste y se seleccionará un número de trozas igual al número de probetas necesarias por ensayo. En caso necesario se seleccionará por árbol un disco transversal de 10 cm de espesor para referencia.

2.2.5.3.NTP 251.009 Acondicionamiento de la madera

- Acondicionamiento de las viguetas por ensayos en verde

Se distribuye uniformemente a través de la cámara de acondicionamiento. Las muestras no pueden tener las superficies adyacentes unidas por lo que es recomendable utilizar separadores.

Se considera que una muestra ya ha sido acondicionada cuando su peso no varía, es decir su masa es constante. Para esto se deben hacer 1 a 2 pesadas diarias durante el acondicionamiento.

- Acondicionamiento de las viguetas y probetas preelaboradas para los ensayos en ambiente normalizado (ensayos en seco)

Se someten previamente al tratamiento profiláctico, se protegen los extremos con material adecuado (parafina caliente), se humedecen y pesan las distintas viguetas o probetas. Se almacena el material y cuando alcanza una humedad del 20% se lleva a un cuarto climático de $20^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$.

Cuando el contenido de humedad llegue aproximadamente a 12%, se elabora la probeta definitiva cepillando las cuatro caras y dimensionando a la sección y longitud indicadas por la NTP correspondiente al ensayo.

2.2.5.4.NTP 251.010 Contenido de humedad

MÉTODO A: Secado en estufa (Primario)

- Conserve las muestras en recipientes herméticos individuales.
- Pese las muestras usando una balanza adecuada.
- Coloque las muestras en la estufa dentro del volumen ensayado para la precisión de la estufa.
- Se asume que la muestra ha alcanzado el punto final cuando la pérdida de masa, en un intervalo de 3 horas, es igual.

- Las muestras secas se depositan en un desecador con una sustancia desecadora fresca hasta que hayan alcanzado la temperatura ambiente. Todas las pesadas se deberán efectuar utilizando frascos cerrados de pesaje.

MÉTODO B: Secado en estufa (secundario)

- Conserve las muestras en recipientes herméticos individuales.
- Pesar las muestras usando una balanza adecuada.
- Se asume que la muestra ha alcanzado el punto final cuando, al realizar el pesaje de la muestra cada 4h, no se aprecian cambios considerables en la masa.
- Las muestras secas se pesarán tan pronto como sea posible para minimizar la absorción de humedad.

$$CH\% = \frac{m_1 - m_2}{m_2} * 100 \dots\dots\dots(1)$$

En la ecuación 1, se muestra el cálculo del contenido de humedad, donde m1 es la masa en gramos de la muestra antes del secado en estufa, y m2 es la masa en gramos de la muestra después del secado en estufa.

2.2.5.5.NTP 251.013 Cizallamiento paralelo al grano

Los ensayos de cizallamiento paralelo al grano se realizan sobre probetas de 5 x 5 x 6.5 cm, cuidando que las superficies A, B y C resultantes sean perpendiculares al grano.

Procedimiento

- Se coloca la probeta en el dispositivo de cizallamiento de tal manera que la cara transversal reciba la presión de la cizalla.
- La probeta debe quedar fuertemente ajustada al accesorio por medio de dos tornillos que harán presión sobre la cara lateral. Entre la probeta y la pieza móvil que sostiene la cizalla debe dejarse un espacio de 3 mm.

$$\text{Resistencia cizallamiento} = \frac{P}{A} \left(\frac{Kg}{cm^2} \right) \dots\dots\dots(2)$$

En la ecuación 2, se muestra el cálculo de la resistencia de cizallamiento, donde P es la carga máxima soportada por la probeta en kg, y A es la superficie del plano en que se produce el cizallamiento, en cm².

2.2.5.6.NTP 251.014 Compresión axial o paralela al grano

La carga se aplicará sobre las bases del prisma, en forma continua, a razón de 0,6 mm/min para el caso de probetas del método primario, y de 0,3 mm/min para probetas del método secundario.

$$ELP = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(3)$$

En la ecuación 3, se muestra el Esfuerzo al límite proporcional (ELP) en kg/cm², donde P es la carga máxima soportada por la probeta, en kg, y A es la superficie de la sección transversal de la probeta calculada antes del ensayo, en cm².

$$MOE = \frac{P'L}{AD} \dots\dots\dots(4)$$

En la ecuación 4, se presenta el módulo de elasticidad (MOE) en kg/cm², donde P' es la carga al límite proporcional, en kg, L es la distancia entre las abrazaderas del deflectómetro, en cm, A es el área de la sección transversal de la probeta calculada antes del ensayo, en cm², D es la deformación experimentada por la probeta al límite proporcional, en cm.

Inmediatamente después del ensayo de cada probeta, se cortará de la misma un prisma de 2 cm de altura exento de fallas cuyas superficies y aristas deberán ser convenientemente lijadas a fin de despojarlas de astillas y otras irregularidades.

2.2.5.7.NTP 251.016 Compresión perpendicular al grano.

Los ensayos de compresión perpendicular al grano se realizan en probetas en forma de prismas rectos de 5 x 5 cm de sección transversal y de 15 cm de longitud,

construidos de tal manera que las caras sean paralelas al grano y una de las caras paralelas también a los anillos de crecimiento.

Procedimiento

- Se acciona la prensa de modo que una de las crucetas toque ligeramente la pieza de presión, en este instante debe ajustarse el medidor de deflexión al valor de cero. Se acciona nuevamente la prensa a la velocidad de ensayo de 0,3 mm por minuto, la que debe mantenerse constante a lo largo del mismo.
- 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 datos se deberá elaborar una gráfica de carga vs deformación por cada probeta ensayada.

$$ELP = \frac{P'}{S} \dots \dots \dots (5)$$

En la ecuación 5, se muestra el esfuerzo al límite proporcional en kg/cm², donde P' es la carga al límite proporcional en kg, y S es la superficie impresa sobre la probeta por la pieza de presión medida en cm².

La carga al límite proporcional (P'), 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.

El contenido de humedad se determina inmediatamente después del ensayo de cada probeta, de la parte no agrietada y cerca de la zona donde ha ocurrido la falla, se corta una probeta de 2 cm de largo.

2.2.5.8.NTP 251.017 Flexión estática

El ensayo de la flexión estática se realiza con probetas de 5 x 5 x 76 cm de longitud (luz 70 cm) bajo el método primario, o con probetas de 2,5 x 2,5 x 41 cm de longitud (luz 35 cm) bajo el método secundario.

Procedimiento

- Ubicación del plano neutral
- Aplicación de la carga y soportes
- Velocidad del ensayo
- Curva de la carga - deformación
- Descripción de falla de la probeta
- Determinación del contenido de humedad inmediatamente después de realizado el ensayo de cada probeta, de la parte no agrietada y cercana a la zona donde ha ocurrido la falla, se corta una probeta de 2 cm de largo.

$$ELP = \frac{3P'L}{2ae^2} \dots\dots\dots(6)$$

En la ecuación 6, se muestra el esfuerzo de la fibra al límite proporcional (ELP), donde P' es la carga al límite proporcional en kg, "L" es la distancia entre soportes, luz de la probeta en cm, "a" es el ancho de la probeta en cm, y "e" es el espesor de la probeta en cm.

$$MOR = \frac{3PL}{2ae^2} \dots\dots\dots(7)$$

En la ecuación 7, se muestra el cálculo del módulo de ruptura (MOR), donde P es la carga máxima en kg, L es la distancia entre los soportes, luz de la probeta en cm, "a" es el ancho de la probeta en cm, y "e" es el espesor de la probeta en cm.

$$MOE = \frac{P' L^3}{4ae^3Y} \dots\dots\dots(8)$$

En la ecuación 8, se muestra el cálculo del módulo de elasticidad (MOE), donde P' es la carga al límite proporcional en kg, L es la distancia entre los soportes, luz de la probeta en cm, Y es la deflexión en el centro de la luz al límite proporcional en cm.

En la ecuación 9, se muestra el módulo de elasticidad (MOE), donde P' es la carga en el límite proporcional, en kg, Δ es el incremento constante de la deformación de la probeta, cm; a espesor de la probeta en cm, y b ancho de la probeta en la sección reducida en cm.

$$MOR = \frac{P}{a.b} \dots\dots\dots(10)$$

En la ecuación 10, se muestra el módulo de ruptura (MOR) donde, P es la carga de rotura de la probeta en kg, L es la distancia entre abrazaderas en cm.

2.2.5.10.NTP 251.086 Tensión perpendicular a la fibra

Procedimiento

- Se miden las dimensiones de la sección mínima de las probetas. Las medidas deben ser expresadas en milímetros.
- Se ubica la probeta en la mordaza y se centra correctamente.
- Se aplica la carga progresivamente.
- Se aplica la carga a la velocidad especificada hasta que la probeta falle. Se registra esta carga en un formato.
- Velocidad de prueba: La velocidad de prueba debe ser de 2,5 mm/min.
- Determinación del contenido de humedad de la probeta

$$ET = P/A \dots\dots\dots(11)$$

En la ecuación 11, el esfuerzo de tracción (ET) se debe expresar en Kg/cm² y es igual a la división de P (Carga a la que se produjo la falla de la probeta en kg) y A (Área de la sección mínima en cm²).

2.2.6. Esfuerzos admisibles de la madera

Son los esfuerzos de diseño del material para cargas de servicio, definidos para los grupos estructurales (MVCS, 2021). Los esfuerzos admisibles se determinan aplicando la siguiente expresión:

$$Esfuerzo\ admisible = \frac{F.C \times F.T.}{F.S. \times F.D.C.} \times Esfuerzo\ básico \dots \dots \dots (12)$$

En la ecuación 12, se muestra la fórmula para estimar el esfuerzo admisible, donde F.C = Coeficiente de reducción por calidad, F. T= Coeficiente de reducción por tamaño, F.S= Coeficiente de seguridad, F.D.C= Coeficiente de duración de carga.

Tabla 2.

Coefficientes considerados para la determinación de los esfuerzos admisibles

	Flexión	Compresión paralela	Corte paralela	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	*	*

Nota: (*) Incluido en F.S. (**) Incluye un coeficiente por concentración de esfuerzos 2 debido a la posible presencia de rajaduras por secado en los extremos de las piezas. (MVCS, 2021).

2.2.7. Clasificación estructural de la madera

El uso racional de la madera, es una alternativa de utilización de un recurso renovable para la construcción (Maromi, 2010). La Norma E.010 dada por el Ministerio de vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2021) clasifica a la madera según su densidad básica, módulos de elasticidad y esfuerzos admisibles.

Tabla 3.

Densidad Básica

Grupo	Densidad Básica g/cm3
A	≥ 0,71
B	0,56 a 0,70
C	0,40 a 0,55

Nota: Norma E.010 (MVCS, 2021, p. 167)

Tabla 4.*Módulo de elasticidad para los grupos A, B y C*

Grupo	Módulo de Elasticidad (E) MPa (kg/cm ²)	
	E mínimo	E promedio
A	9 316 (95 000)	12 748 (130 000)
B	7 355 (75 000)	9 806 (100 000)
C	5 394 (55 000)	8 826 (90 000)

Nota: Norma E.010 (MVCS, 2021, p. 167)

Nota: el módulo de elasticidad (E) es aplicable para elementos en flexión, tracción o compresión en la dirección paralela a las fibras. Estos valores son para madera húmeda, y pueden ser usados para madera seca.

Tabla 5.*Esfuerzos admisibles*

Grupo	Esfuerzos admisibles MPa (kg/cm ²)				
	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)

Nota: Estos valores son para madera húmeda, y pueden ser usados para madera seca. Norma E.010 (MVCS, 2021).

2.2.8. *Influencia de la edad del árbol en la resistencia de la madera*

Existen pocas investigaciones que han tratado de determinar como la edad del árbol influye en la resistencia de la madera, Dahle et al. (2017) aseveran que el tronco de un árbol adquiere mayor rigidez y resistencia conforme a su edad, Guarderas (2018) asevera que el módulo de elasticidad disminuye y las resistencias aumentan a mayor edad del árbol, en cambio Fernández, et al. (2019) asegura que únicamente para la contracción total longitudinal existen diferencias significativas entre las muestras de diferente edad, no obstante Espinoza (2018) recomienda un estudio personalizado para cada especie forestal, y menciona que para la madera eucalipto la edad de madurez estructural es 25 años.

2.3. Definición de términos

a) Edad

Consiste en saber el tiempo que un árbol está plantado (Cordova, 2018).

b) Esfuerzos admisibles

Se les llama así a los esfuerzos de diseño para cargas de servicio. (MVCS, 2021)

c) Madera

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 forman la masa de los troncos de los árboles, desprovistos de corteza y hojas (Campos, 2007, p. 3).

d) Madera aserrada

Son piezas de madera maciza obtenidas por aserrado del árbol, generalmente escuadradas, es decir con caras paralelas entre sí y cantos perpendiculares a las mismas (Silva, 2017).

e) Propiedades mecánicas de la madera

Condiciones de resistencia para soportar los esfuerzos a los que es sometida sin llegar a fatiga (Ordoñez y Lugo, 2016, p. 14).

CAPÍTULO III.

PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

H1: Existe diferencia significativa entre los esfuerzos admisibles de la madera el Sauce del centro poblado Cabracancha, del distrito de Chota, en relación a la edad de madurez del árbol.

3.2. Variables

3.2.1. *Variable independiente*

La variable “Edad del árbol” hace referencia al número de años que han pasado desde que se ha sembrado el árbol hasta la actualidad, se le denomina edad de madurez de la plantación, y es un parámetro que influye en las propiedades mecánicas de la madera.

3.2.2. *Variable dependiente*

La variable “Esfuerzos admisibles de la madera” hace referencia al esfuerzo máximo a flexión, tracción y compresión de la madera Sauce de 10, 20, 30 y 40 años. Para determinar el esfuerzo admisible se multiplica la resistencia máxima por los factores de corrección dados en la norma E.010 (MVCS, 2021). Los valores de los esfuerzos admisibles sirven para clasificar a la madera en los subgrupos A, B o C según corresponda.

3.3. Operacionalización de variables

Tabla 6.

Cuadro de operacionalización de variables

Variable	Dimensión	Indicador	Instrumento	Índice	
Variable dependiente	Propiedades mecánicas de la madera en estado verde	Cizallamiento	Formatos de ensayos de laboratorio	Kg/cm ²	
		Compresión paralela		Kg/cm ²	
		Compresión perpendicular		Kg/cm ²	
		Flexión estática		Kg/cm ²	
		Tensión paralela		N-m	
	Tensión perpendicular	N/m ²			
	Esfuerzos admisibles de la madera	Esfuerzos admisibles	Flexión	Formato de comparación de datos	Kg/cm ²
			Tracción paralela		Kg/cm ²
			Compresión paralela		Kg/cm ²
			Compresión perpendicular		Kg/cm ²
Corte			Kg/cm ²		
Clasificación de la madera	Propiedades mecánicas	Esfuerzos admisibles	Formato de clasificación de la madera	kg/m ²	
				Kg/cm ²	
Variable independiente	Descripción de la plantación	Área de extensión	Inventario de la zona de extracción	Ha	
		Disponibilidad		N°	
		Edad del árbol	Inventario del árbol	Años	
		Diámetro de la corteza		Pulg.	
Edad del árbol	Edad de madurez de la plantación	10 años	Formatos de ensayos de laboratorio	Años	
		20 años		Años	
		30 años		Años	
		40 años		Años	

CAPÍTULO IV.

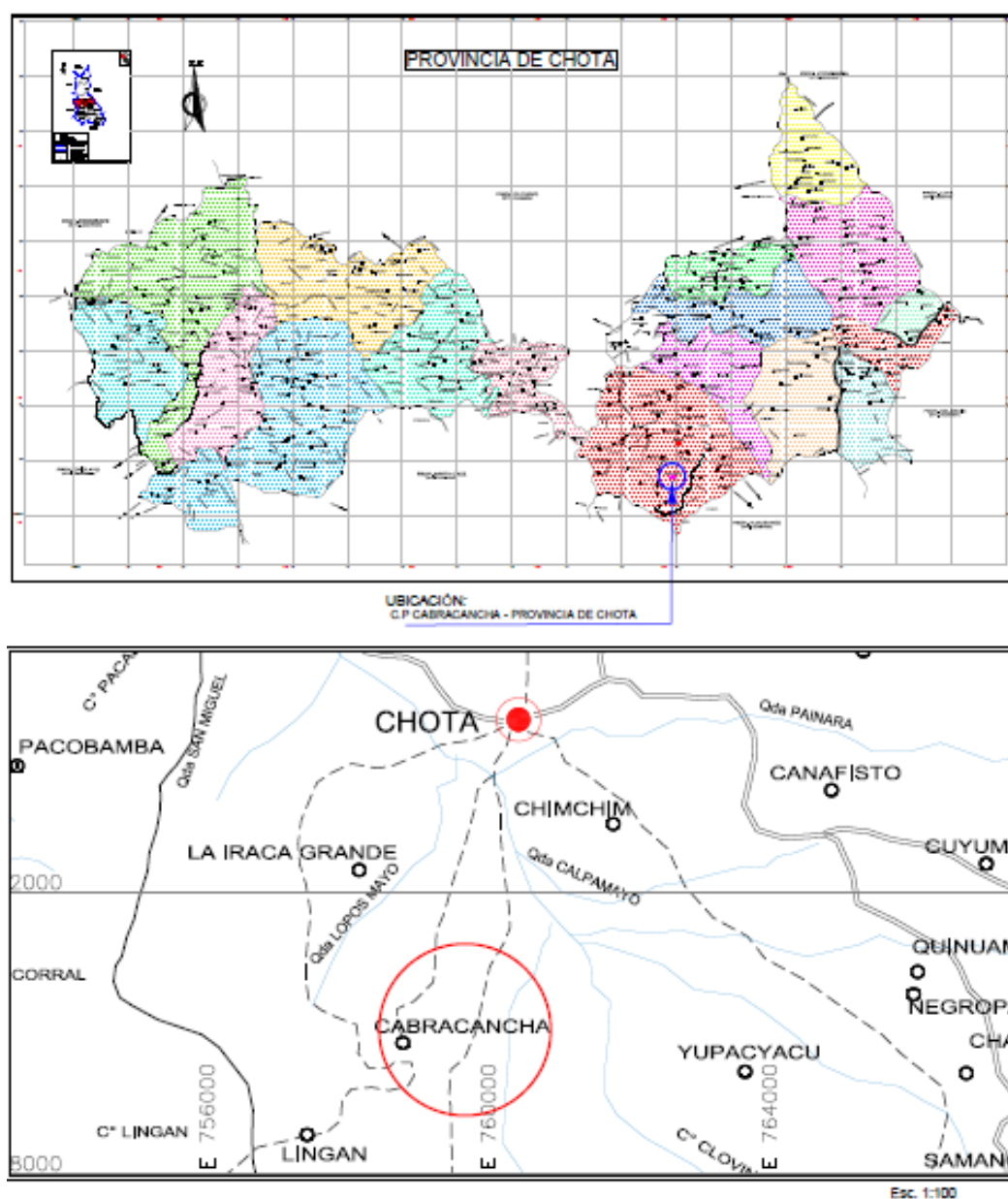
MARCO METODOLÓGICO

4.1. Ubicación geográfica del estudio

El centro poblado de Cabracancha, está ubicado en el distrito y provincia de Chota, región Cajamarca, se sitúa por el este a 758884.13 m E, por el norte a 9271214.90 m S, a una altura de 2527 msnm.

Figura 6.

Ubicación del centro poblado Cabracancha



Cabracancha limita por el norte con la ciudad de Chota, por el sur con el CP Judas Pampa, por el este con el CP López Mayo y por el oeste con el CP San Francisco. Parte del territorio del centro poblado Cabracancha debido a la expansión urbana ha sido considerado como parte del sector 8 de la ciudad de Chota, cuenta con área de 39.98 has, tiene 0.22 has de salud, 0.60 has de educación y 0.19 has en recreación según la Municipalidad Provincial de Chota (MPCH, 2018), además es una de los centros poblados con mayor cantidad de plantaciones forestales, que son utilizadas por los pobladores como viguetas, tijerales y/o pilares, para la construcción de sus viviendas.

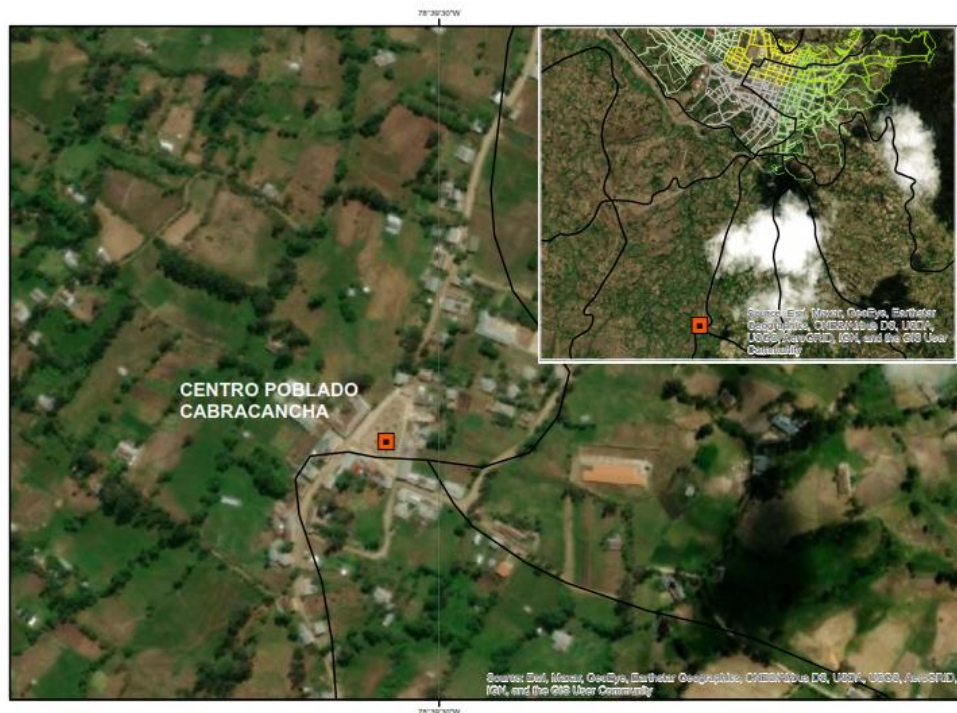
4.2. Unidad de análisis, población y muestra

4.2.1. Población

Árboles de sauce de plantaciones de todas las edades de madurez, ubicados dentro de la jurisdicción del centro poblado Cabracancha del distrito de Chota.

Figura 7.

Centro poblado Cabracancha



Nota: (Google earth, 2021).

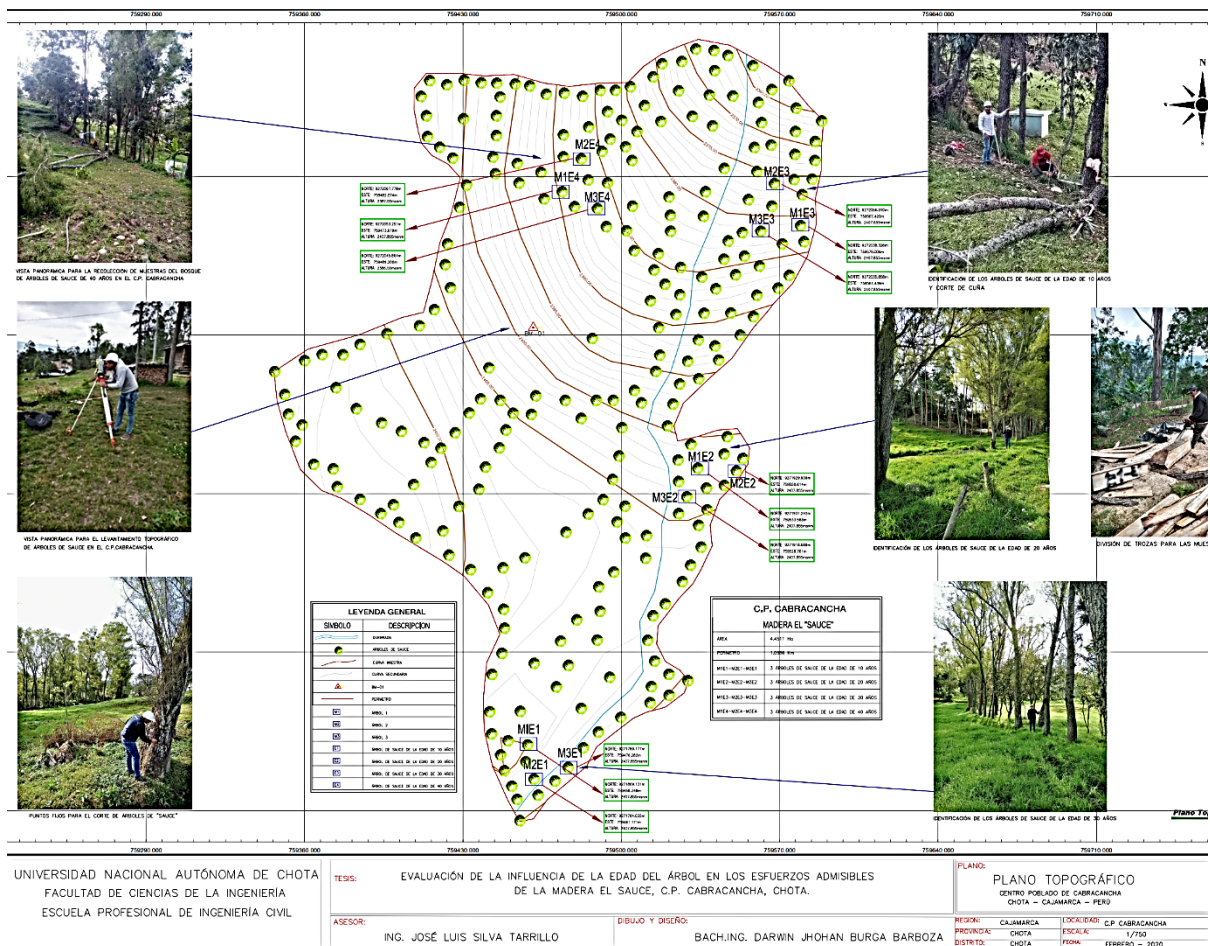
Figura 8.

Características de la plantación de árboles de sauce

Ubicación de la plantación Cabracancha	
Plantación:	Sauce
Localidad:	Cabracancha
Distrito:	Chota
Provincia:	Chota
Extensión de la plantación Cabracancha	
Área de estudio (Ha)	4.4511
Perímetro (km)	1.0586
Centroide de la plantación Cabracancha	
Este (m)	759595.60
Norte (m)	9272088.75
Altura (msnm)	2407

Figura 9.

Mapa de la plantación de árboles de sauce



Nota: (ver en Anexos).

4.2.2. Muestra

La muestra de estudio estuvo conformada por tres árboles de Sauce de cada edad de madurez de 10, 20, 30 y 40 años, obtenidos de la plantación Cabracancha, ubicada en el distrito y provincia de Chota; de los cuales se han extraído trozas, viguetas y probetas acorde a la NTP 251.008, para la realización de los respectivos ensayos mecánicos.

Tabla 7.

Numero de muestras de estudio

	Edad de madurez de los árboles	N° de árboles	Troza de madera		Viguetas de trozas
			Por árbol	Total	
E1	10 años	3.00	3.00	9.00	9.00
E2	20 años	3.00	3.00	9.00	9.00
E3	30 años	3.00	3.00	9.00	9.00
E4	40 años	3.00	3.00	9.00	9.00
	Total	12.00	3.00	36.00	36.00

Nota: Por cada edad se han elegido tres viguetas al azar para la elaboración de las probetas.

Muestreo. Para optar por la zona de estudio y el número de árboles el muestreo ha sido no probabilístico por conveniencia, pero para elegir los árboles de análisis se ha aplicado el muestreo probabilístico al azar, según el procedimiento de la norma NTP 251.008. El muestreo de los 12 árboles de Sauce del centro poblado Cabracancha, ha sido aleatoria al azar, con la probabilidad de escoger las diferentes direcciones N, S, E, O, tal como establece la NTP 251.008. Pero se ha realizado por estratos, es decir primero se ha definido los subsectores con plantaciones de 10, 20, 30 y 40 años, y luego por cada subsector se ha seguido el siguiente proceso: (1) El investigador se ubica en el centro de la plantación, (2) este lanza una botella, el lugar donde apunte la tapa de la botella, señala la dirección que se toma, (3) camina en línea recta en la dirección definida, hasta

encontrar un árbol, (4) ese árbol formará parte de la muestra, (5) se repite el proceso hasta completar el número de árboles necesario para el estudio.

Figura 10.

Muestreo de árboles por cada subsector definido según edad de la plantación

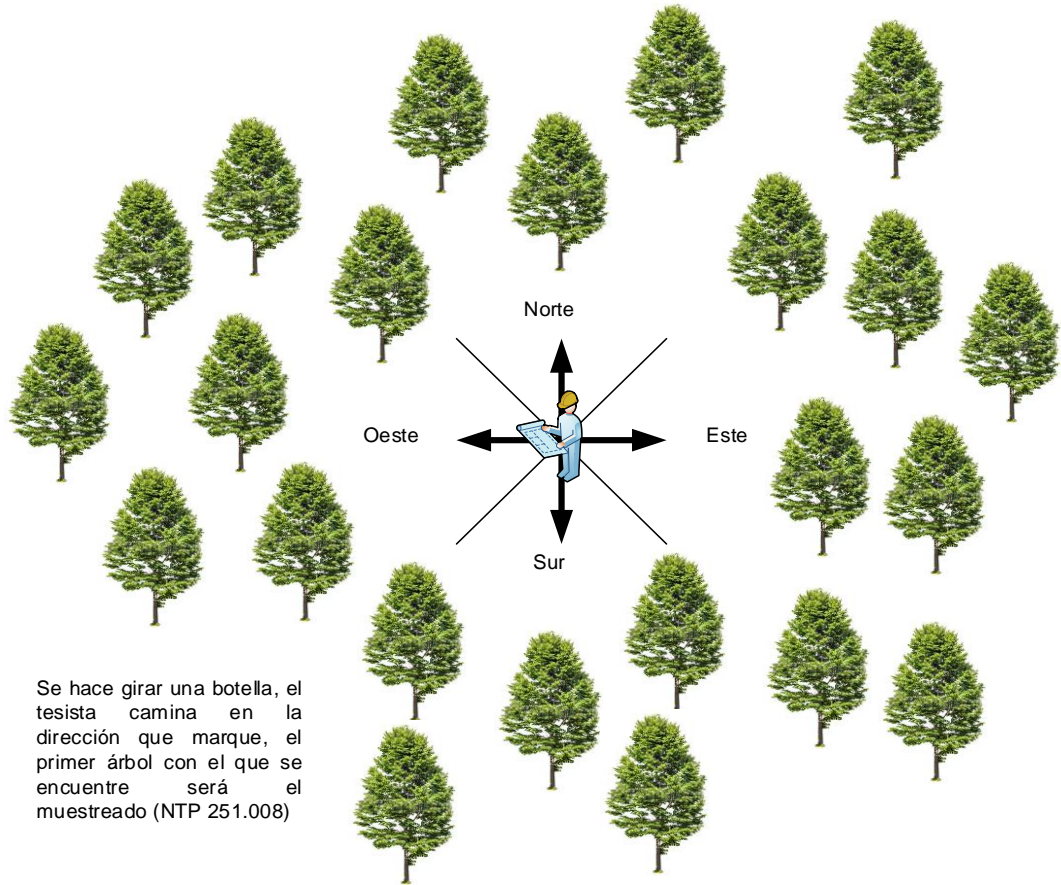
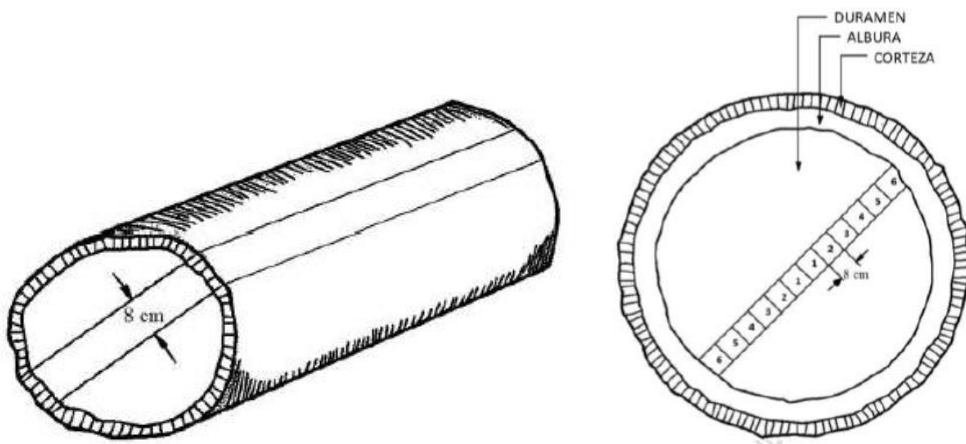


Figura 11.

Selección de la vigueta en la troza



La cantidad de probetas que se emplearon por ensayo y edad de madurez del árbol de Sauce, se observan en la Tabla 8, así mismo los detalles normativos y dimensionales de las probetas se muestran en la Tabla 9.

Tabla 8.

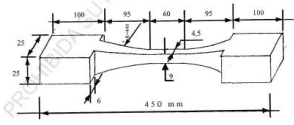
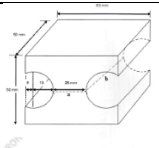
Número total, de probetas para ensayos con variación de edad

Ensayo	Edad de madurez de los árboles en años				Total
	10	20	30	40	
Cizallamiento	3.00	3.00	3.00	3.00	12.00
Compresión paralela	3.00	3.00	3.00	3.00	12.00
Compresión perpendicular al grano	3.00	3.00	3.00	3.00	12.00
Flexión estática	3.00	3.00	3.00	3.00	12.00
Tensión paralela a las fibras	3.00	3.00	3.00	3.00	12.00
Tensión perpendicular a las fibras	3.00	3.00	3.00	3.00	12.00
Total	18.00	18.00	18.00	18.00	72.00

Nota: La NTP 251.008 y NTP 251.009 establecen que el número de muestras para cada ensayo será acorde al grado de precisión que desee lograr el investigador.

Tabla 9.

Probetas para ensayos mecánicos en madera de cada edad de madurez

Ensayo	Muestra
NTP 251.013. Cizallamiento	Probetas de 5 x 5 x 6.5 cm
NTP 251.014 Compresión paralela al grano	Método primario: 5 cm x 5 cm de sección transversal y 20 cm de longitud
NTP 251.016 Compresión perpendicular al grano	5 cm x 5 cm de sección transversal y 15 cm de longitud
NTP 251.017 Flexión estática	Método primario: 5 cm x 5 cm de sección transversal y 76 cm de longitud
NTP 251.085 Tensión paralela a las fibras	 <p>Figura 1 - Dimensiones de las probetas (mm)</p>
NTP 251.086 Tensión perpendicular a las fibras	 <p>FIGURA 16 - Planchetas de la prueba de tensión perpendicular a las fibras</p>

Nota: Normas Técnicas Peruanas (NTP).

4.3. Tipo y descripción del diseño de investigación

4.3.1. Tipo de investigación

La investigación según Hernández-Sampieri et al. (2014), es de enfoque cuantitativo, porque se ha seguido un proceso ordenado sistemáticamente para obtener los esfuerzos admisibles de la madera Sauce. El tipo de estudio es correlacional porque se relacionan los esfuerzos admisibles alcanzados con la edad de madurez de los árboles de Sauce utilizados para la elaboración de las probetas de madera ensayadas a compresión, tensión y flexión.

Tabla 10.

Tipo de investigación según los principales criterios

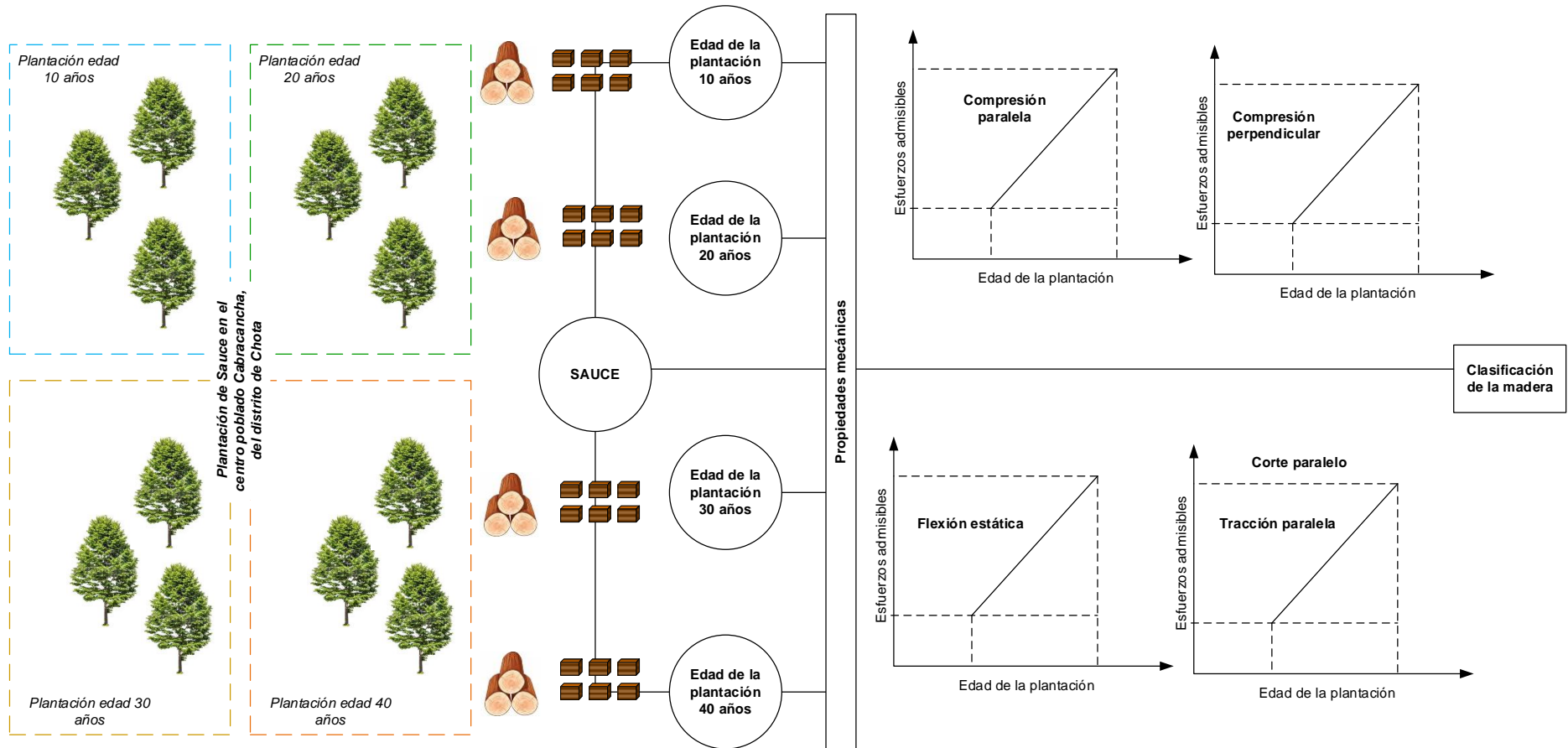
Criterio	Tipo de investigación
Finalidad	Aplicada
Estrategia o enfoque metodológico	Cuantitativa
Objetivos	Correlacional
Fuente de datos	Primaria
Control de diseño de la prueba	Experimental
Temporalidad	Transversal (sincrónica)
Contexto donde sucede	Laboratorio, campo
Intervención disciplinaria	Interdisciplinaria.

4.3.2. Diseño de investigación

El diseño de investigación fue de tipo experimental por diseño de bloques completamente al azar, donde las diferentes edades representan el factor de tratamiento k (edad de las plantaciones de Sauce 10, 20, 30 y 40 años), y el parámetro a analizar será los esfuerzos admisibles, tal como se observa en el esquema de la Figura 12.

Figura 12.

Diseño de investigación experimental



4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.4.1. Técnicas de recolección de los datos

Observación. Ha permitido evaluar las características generales de la zona mediante la inspección visual del lugar y de la especie forestal sauce.

Levantamiento topográfico. Medición de la superficie de la plantación de donde se extraen las muestras de estudio. Se han elaborado planos de ubicación y área topográfica.

Selección de muestras. Proceso para definir aleatoriamente al azar los árboles de extracción, trozas y viguetas para la elaboración de las probetas, según la NTP 251.008.

Ensayos de laboratorio. Ensayos físico-mecánicos desarrollados para la variación de los esfuerzos admisibles de la madera Sauce según edad de madurez.

Cálculo y análisis de esfuerzos admisibles. Ha permitido definir los esfuerzos admisibles, al multiplicar la resistencia máxima de cada propiedad mecánica por los factores de corrección mencionados en la norma E.010.

Comparación. Se ha realizado una comparación de los parámetros de laboratorio con los parámetros de la norma E010, para definir su clasificación estructural.

4.4.2. Instrumentos para la recolección de los datos

Inventario de zona de extracción. Instrumento para registrar lo observado, sobre la zona de extracción y la especie forestal Sauce.

Cuaderno de campo. Instrumento de registro de datos de campo producto del levantamiento topográfico, como BMS, puntos fijos, puntos de inclinación, pendiente, ubicación de la estación total, altura desde el piso a la estación, número de cambios de estación, edad de la madera, número de plantaciones, entre otros.

Código de muestra. Establece los datos de los árboles elegidos como parte de las muestras, también la troza, viguetas y probetas para cada ensayo.

Formatos de ensayos de laboratorio. Los formatos de ensayos de laboratorio son las hojas Excel donde se presentan los resultados de los ensayos físico-mecánicos a la madera Sauce, dados según las NTP.

Hoja de cálculo de esfuerzos admisibles. Ha permitido calcular los esfuerzos admisibles de la madera según los factores de corrección dados en la norma E.010

Matriz de comparación. Instrumento de cotejo de los datos obtenidos en los ensayos de laboratorio con la norma E.010, para determinar la clasificación estructural de la madera en los grupos A, B o C.

4.5. Técnicas para el procesamiento y análisis de información

4.5.1. Procedimiento para la obtención de información

Para la ejecución de la investigación se han seguido los siguientes pasos:

- Revisión de la normatividad (NTP), cartografía y demás datos necesarios.
- Levantamiento topográfico de la zona de estudio y delimitación de plantaciones de Sauce por edad de madurez.
- La edad de madurez del árbol se ha determinado según la mención de los comuneros, es decir estos han indicado al tesista la fecha de plantación de los árboles de sauce, llegando a estimar así su edad, esta edad se ha valido al cortar la plantación, por medio del conteo de los anillos de crecimiento que aparecen en la sección transversal del tronco del árbol.
- Exploración y selección al azar de los árboles de sauce en el centro poblado Cabracancha según edad de madurez.
- Tala de los árboles, obtención de las trozas y viguetas.
- Conservación de la madera para ensayos.

- Ensayo de las propiedades mecánicas en los especímenes de madera.
- Ensayo de contenido de humedad en las probetas de los ensayos mecánicos.
- Estimación de los esfuerzos admisibles de la madera sauce por edad.
- Clasificación de la madera sauce según la norma E.010.

4.5.2. *Procesamiento y presentación de información*

El procesamiento de datos se ha realizado mediante la aplicación de softwares básicos como:

- **Civil 3D 2018.** Para procesar los datos del levantamiento topográfico.
- **AutoCAD 2018.** Para elaborar el plano de ubicación y plano topográfico.
- **ArcGIS 10.5.** Complemento para realizar los mapas de ubicación del centro poblado Cabracancha.
- **Microsoft Excel.** Para procesar los resultados de los ensayos físicos y mecánicos de la madera sauce, además ha permitido determinar los esfuerzos admisibles y medir la variación de los resultados según la edad de madurez de las plantaciones de 10, 20, 30 y 40 años.
- **Minitab 19.** Programa que se ha utilizado para el análisis estadístico, a fin de aceptar o rechazar la hipótesis.

4.5.3. *Análisis e interpretación de información*

Para el análisis e interpretación de datos han utilizado parámetros básicos de la estadística descriptiva, para garantizar la confiabilidad de los resultados con un coeficiente de variación menor a 10%. Así mismo, los resultados se muestran en gráficas de barras y diagramas de dispersión (Wolpole, et al., 2012, pp. 11 – 24).

$$\text{Coeficiente de variación} = \frac{\text{Desviación estándar}}{\text{Promedio}} \times 100 \dots\dots\dots(13)$$

En la ecuación 13, se presenta la fórmula para estimar el coeficiente de variación.

$$x = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n} = \frac{x_1+x_2+\dots+x_n}{n} \dots\dots\dots(14)$$

En la ecuación 14, se muestra la fórmula para estimar la media muestral.

Desviación estándar de la muestra $\rightarrow S = \sqrt{S^2}$(15)

En la ecuación 15, se muestra la fórmula para estimar la desviación estándar,

donde la varianza de la muestra es igual a $S^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1}$

Para el análisis estadístico se empleará el diseño de bloques completamente al azar, con cuatro tratamientos, tres repeticiones y 12 unidades experimentales por ensayo, dando un total de 72 unidades de ensayo. Los datos se ajustarán al modelo lineal general, y se aceptará la hipótesis nula si p-value es mayor que el nivel de significancia (0.05).

4.6. Matriz de consistencia metodológica

Anexo N° 1.

CAPÍTULO V.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Presentación de resultados

5.1.1. *Propiedades mecánicas de la madera*

Las principales propiedades mecánicas de la madera son compresión paralela, compresión perpendicular, cizallamiento, flexión estática, tensión paralela y tensión perpendicular a las fibras. Para determinar estas propiedades de la madera el sauce del centro poblado Cabracancha, se ha talado árboles de 10, 20, 30 y 40 años de edad (tres árboles por cada edad), recibiendo los códigos de E1, E2, E3 y E4 respectivamente. De cada árbol se aserraron tres trozas y de cada troza una vigueta, esta vigueta fue codificada con las letras a, b o c, según su árbol de corte. De las viguetas se elaboraron las muestras de estudio, estas se codificaron como M1, M2 y M3. Los códigos de probeta se describen en la Tabla 11.

Tabla 11.

Código de los especímenes de madera sometidos a ensayos mecánicos

Edad del árbol (años)	Código de edad	Código de árbol	Código de muestra	Código de probeta	Coordenadas geográficas	
					Norte	Este
10	E1	a	M1	M1E1a	9271809.13	759458.35
10	E1	b	M2	M2E1b	927194.035	759461.17
10	E1	c	M3	M3E1c	9271799.18	759476.28
20	E2	a	M1	M1E2a	9271931.24	759533.59
20	E2	b	M2	M2E2b	9271929.94	759550.61
20	E2	c	M3	M3E2c	9271918.59	759528.70
30	E3	a	M1	M1E3a	9272038.33	759579.01
30	E3	b	M2	M2E3b	9272056.91	759567.42
30	E3	c	M3	M3E3c	9272035.86	759561.44
40	E4	a	M1	M1E4a	9272053.25	759473.62
40	E4	b	M2	M2E4b	9272067.78	759482.07
40	E4	c	M3	M3E4c	9272045.86	759489.20

5.1.1.1. Compresión axial o compresión paralela al grano de la madera

La madera sauce del centro poblado Cabracancha tiene una resistencia a la compresión paralela al grano promedio a los 10, 20, 30 y 40 años de 83.14, 185.16, 223.57 y 207.07 kg/cm², respectivamente. La resistencia a compresión paralela al grano de la madera se incrementa conforme el árbol aumenta de edad hasta los 30 años, pero luego sufre un descenso en la resistencia llegando a disminuir hasta en 15 kg/cm², para árboles con 40 años.

Tabla 12.

Compresión paralela al grano

Resistencia máxima (kg/cm ²)	Edad (años)			
	10	20	30	40
M1	76.63	176.86	222.95	195.38
M2	90.40	195.01	239.28	206.06
M3	82.38	183.59	208.49	219.75
Promedio	83.14	185.16	223.57	207.07
Desviación estándar	6.914	9.176	15.405	12.216
Coefficiente de variación	0.08	0.05	0.07	0.06

Figura 13.

Compresión paralela al grano

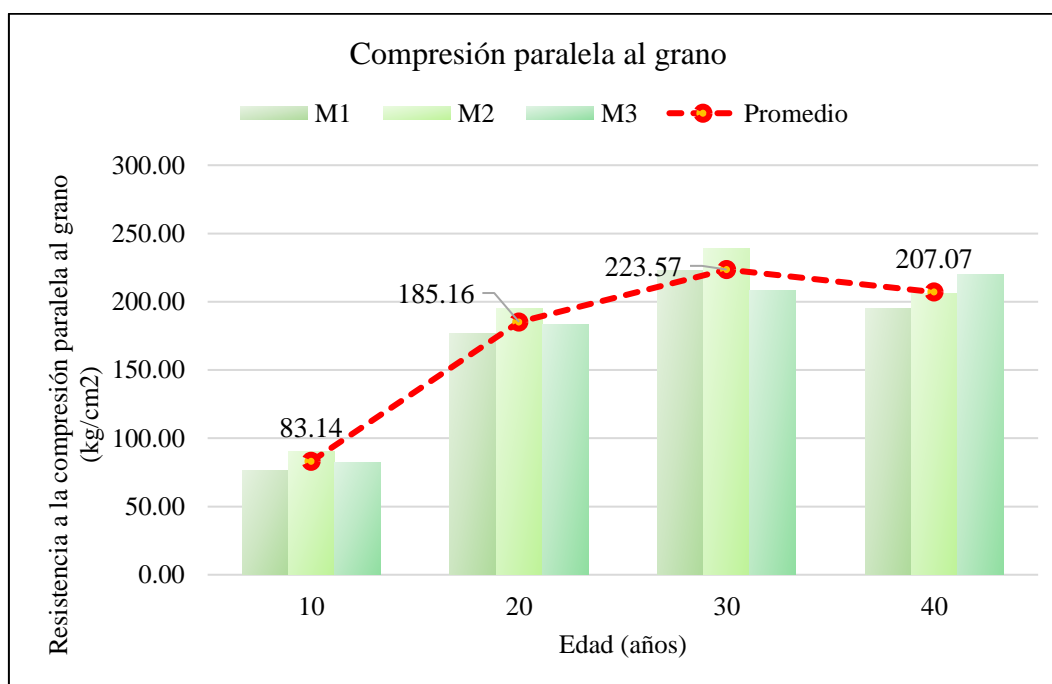
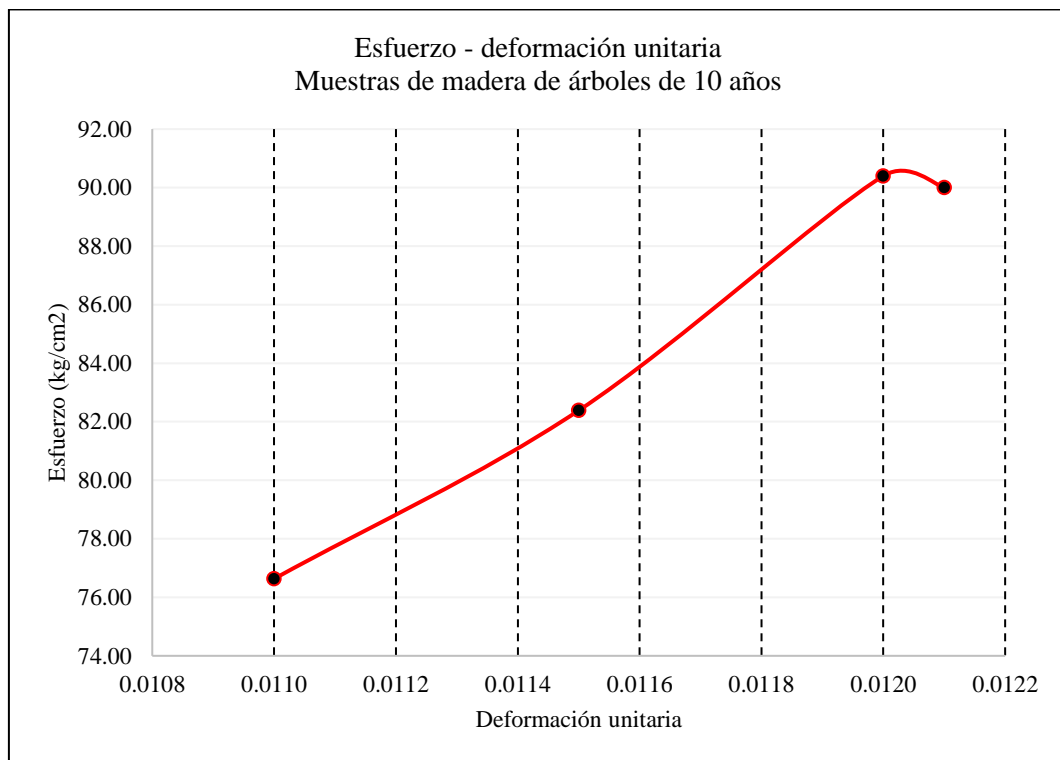


Tabla 13.*Esfuerzo máximo a compresión – deformación unitaria, madera 10 años*

Edad	Deformación	Esfuerzo máximo (kg/cm ²)	Módulo de elasticidad
10	0.0110	76.63	6966.54
10	0.0115	82.38	7163.73
10	0.0120	90.40	7533.18
10	0.0121	90.00	7438.02

Figura 14.*Esfuerzo compresión – deformación unitaria, madera 10 años***Tabla 14.***Esfuerzo máximo a compresión – deformación unitaria, madera 20 años*

Edad	Deformación	Esfuerzo máximo (kg/cm ²)	Módulo de elasticidad
20	0.0200	176.86	8843.01
20	0.0205	183.59	8955.83
20	0.0210	195.01	9286.25
20	0.0211	194.00	9194.31

Figura 15.

Esfuerzo compresión – deformación unitaria, madera 20 años

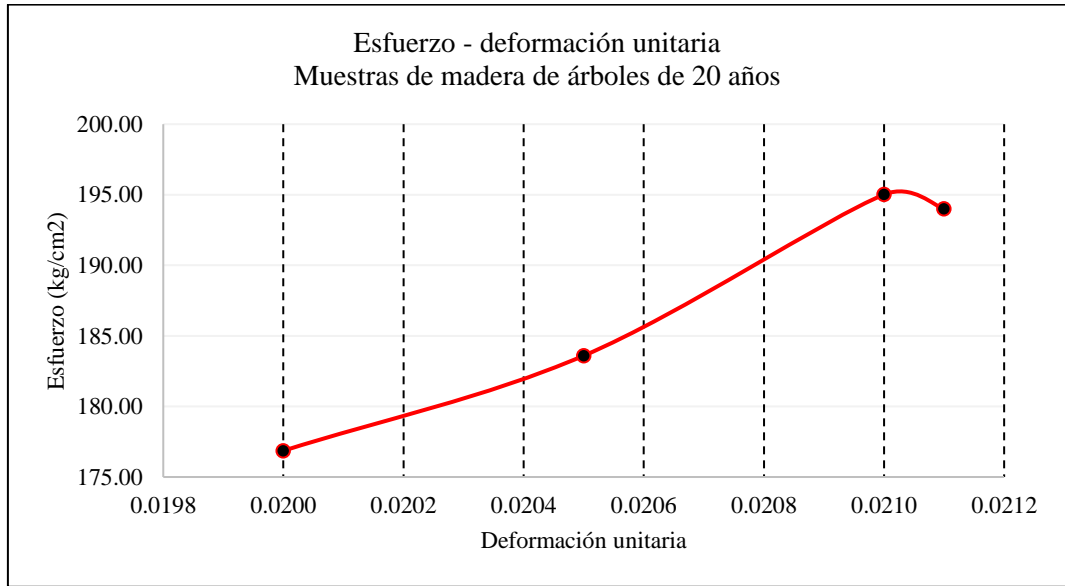


Tabla 15.

Esfuerzo máximo a compresión – deformación unitaria, madera 30 años

Edad	Deformación	Esfuerzo máximo (kg/cm ²)	Módulo de elasticidad
30	0.0250	208.49	8339.63
30	0.0255	222.95	8743.13
30	0.0260	239.28	9203.13
30	0.0262	237.00	9045.80

Figura 16.

Esfuerzo compresión – deformación unitaria, madera 30 años

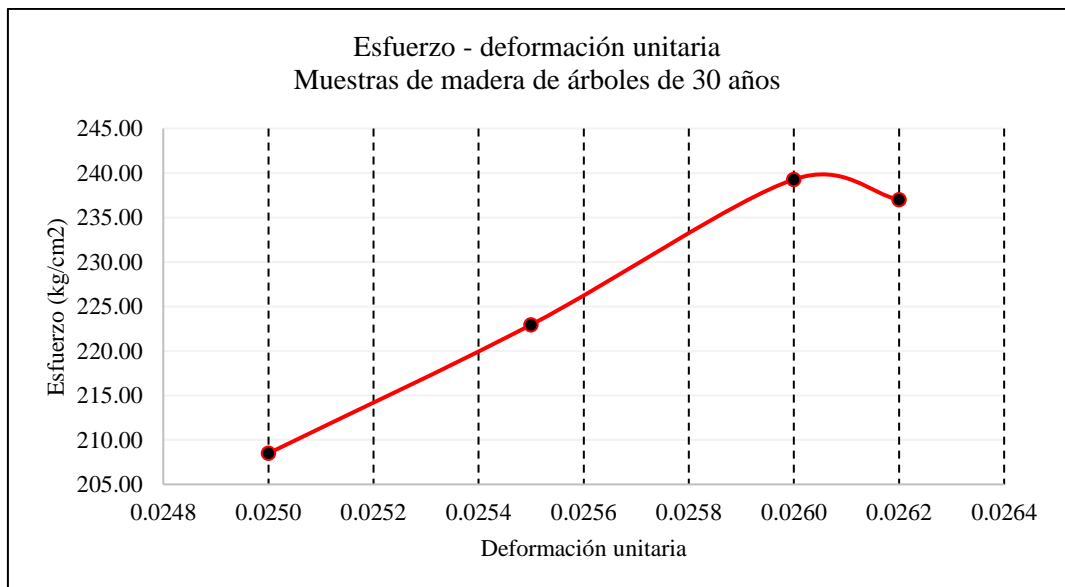


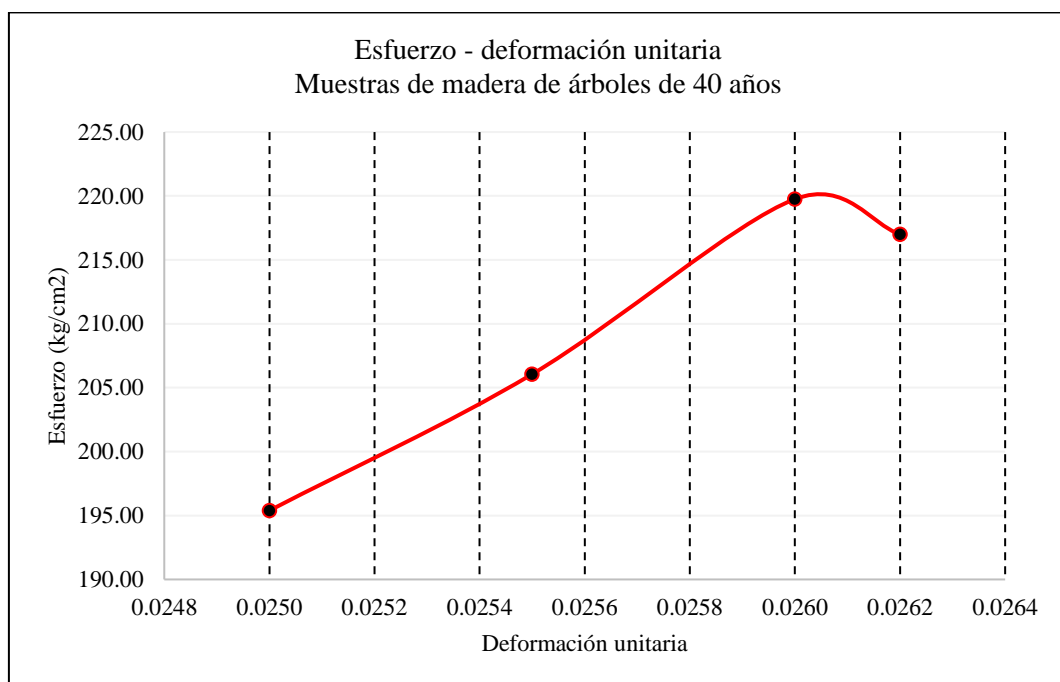
Tabla 16.

Esfuerzo máximo a compresión – deformación unitaria, madera 40 años

Edad	Deformación	Esfuerzo máximo (kg/cm ²)	Módulo de elasticidad
40	0.0250	195.38	7815.34
40	0.0255	206.06	8080.78
40	0.0260	219.75	8452.06
40	0.0262	217.00	8282.44

Figura 17.

Esfuerzo compresión – deformación unitaria, madera 40 años



El contenido de humedad promedio de la madera sauce posterior al ensayo de compresión paralela al grano también denominada compresión axial, para muestras de los árboles de 10, 20, 30 y 40 años, alcanza valores de 17.93, 17.17, 17.09 y 17.83%, respectivamente, por lo que se observa una menor cantidad de agua en las muestras según el incremento de la madurez de los árboles, no obstante, en árboles que superan los 30 años el contenido de humedad se incrementa progresivamente alcanzando valores similares a los de las muestras más jóvenes.

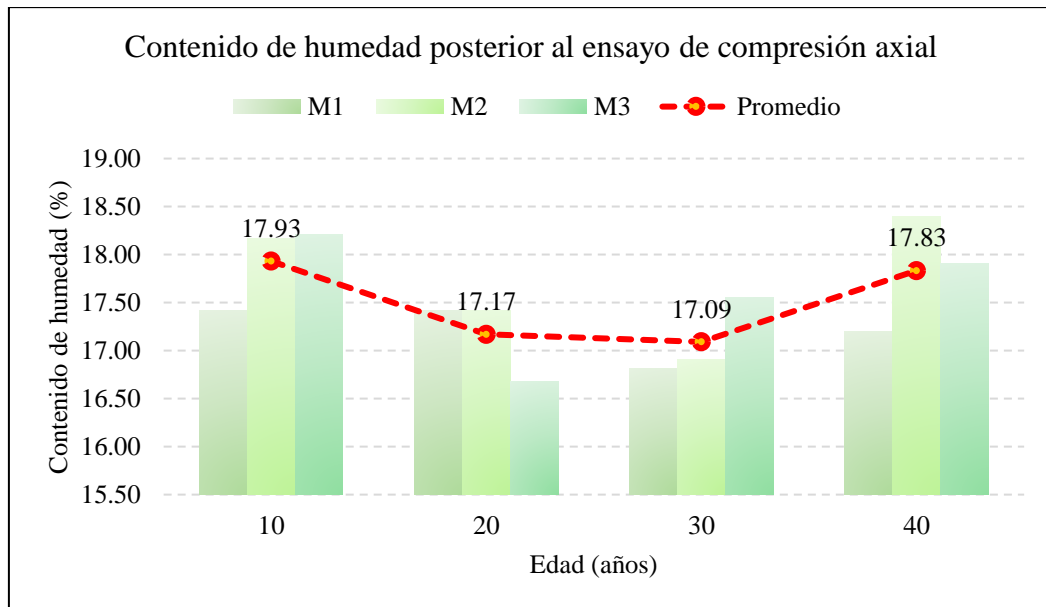
Tabla 17.

Contenido de humedad posterior al ensayo de compresión axial

Contenido de humedad (%)	Edad (años)			
	10	20	30	40
M1	17.42	17.41	16.81	17.20
M2	18.17	17.41	16.91	18.39
M3	18.21	16.68	17.55	17.90
Promedio	17.93	17.17	17.09	17.83
Desviación estándar	0.444	0.421	0.402	0.599
Coefficiente de variación	0.02	0.02	0.02	0.03

Figura 18.

Contenido de humedad posterior al ensayo de compresión axial

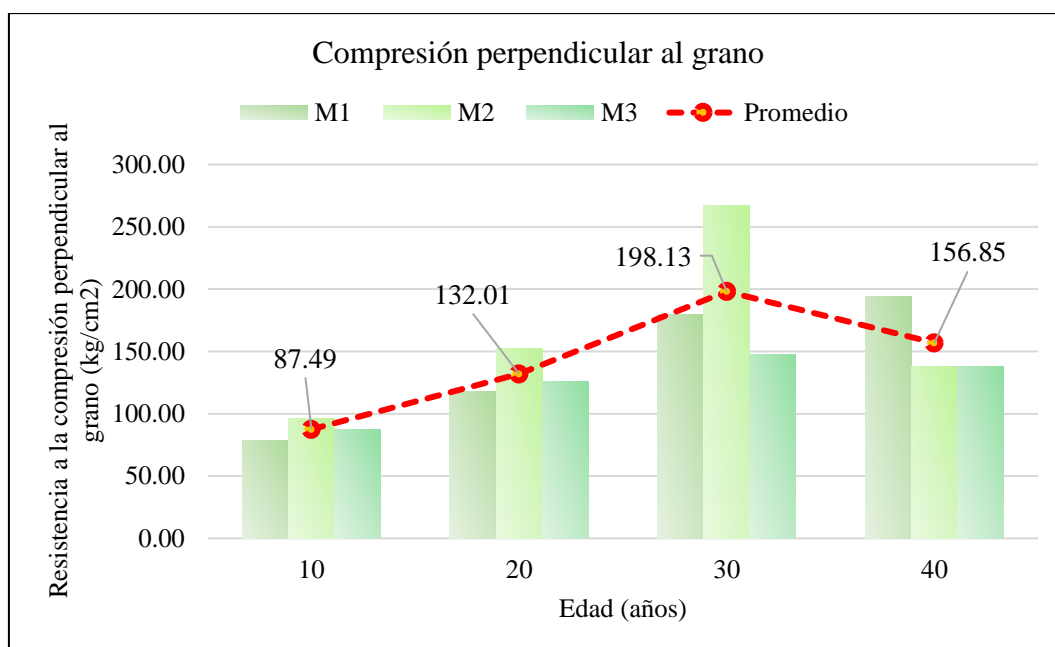


5.1.1.2. Compresión perpendicular al grano de la madera

La madera sauce del centro poblado Cabracancha tiene una resistencia a la compresión perpendicular al grano promedio a los 10, 20, 30 y 40 años de 87.79, 132.01, 198.13 y 156.85 kg/cm², respectivamente. La resistencia a compresión perpendicular al grano de la madera se incrementa conforme el árbol aumenta de edad hasta los 30 años, pero luego sufre un descenso en la resistencia llegando a disminuir hasta en 40 kg/cm², para árboles con una edad de 40 años.

Tabla 18.*Compresión perpendicular al grano*

Resistencia máxima (kg/cm ²)	Edad (años)			
	10	20	30	40
M1	78.90	117.91	180.04	194.21
M2	96.42	152.55	266.84	138.19
M3	87.14	125.57	147.50	138.15
Promedio	87.49	132.01	198.13	156.85
Desviación estándar	8.767	18.195	61.693	32.355
Coefficiente de variación	0.10	0.14	0.31	0.21

Figura 19.*Compresión perpendicular al grano***Tabla 19.***Esfuerzo máximo a compresión perpendicular – deformación unitaria, madera 10 años*

Edad	Deformación	Esfuerzo máximo (kg/cm ²)	Módulo de elasticidad
10	0.0110	78.90	7172.76
10	0.0115	87.14	7577.48
10	0.0120	96.42	8035.39
10	0.0121	94.00	7768.60

Figura 20.

Esfuerzo compresión perpendicular – deformación unitaria, madera 10 años

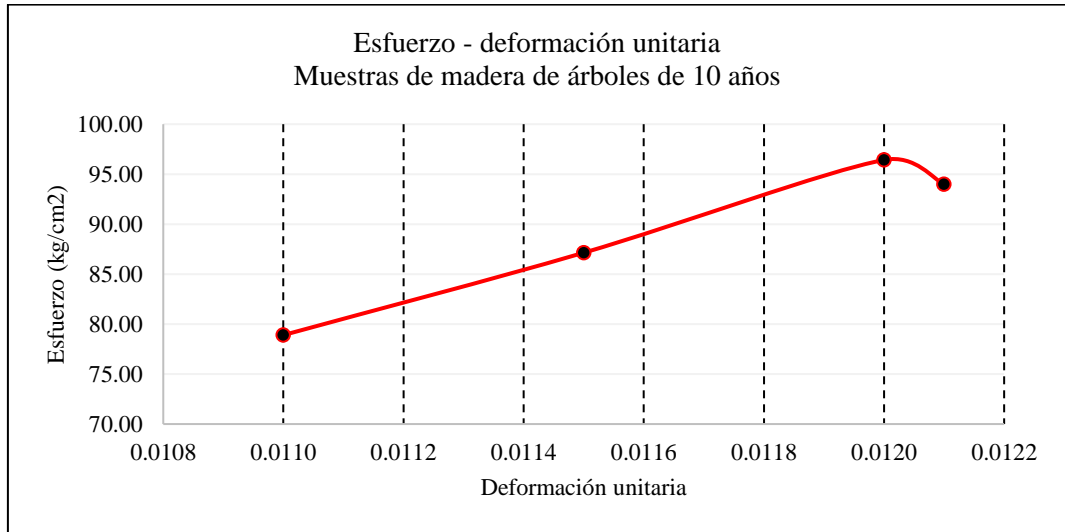


Tabla 20.

Esfuerzo máximo a compresión perpendicular – deformación unitaria, madera 20 años

Edad	Deformación	Esfuerzo máximo (kg/cm ²)	Módulo de elasticidad
20	0.0150	117.91	7860.45
20	0.0155	135.57	8746.45
20	0.0160	152.55	9534.25
20	0.0165	150.00	9090.91

Figura 21.

Esfuerzo compresión perpendicular – deformación unitaria, madera 20 años

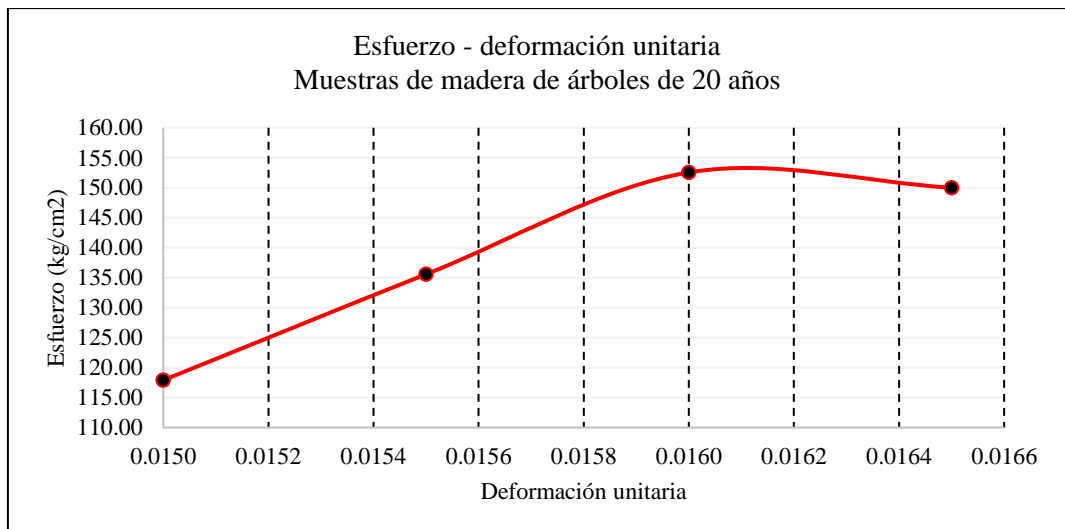


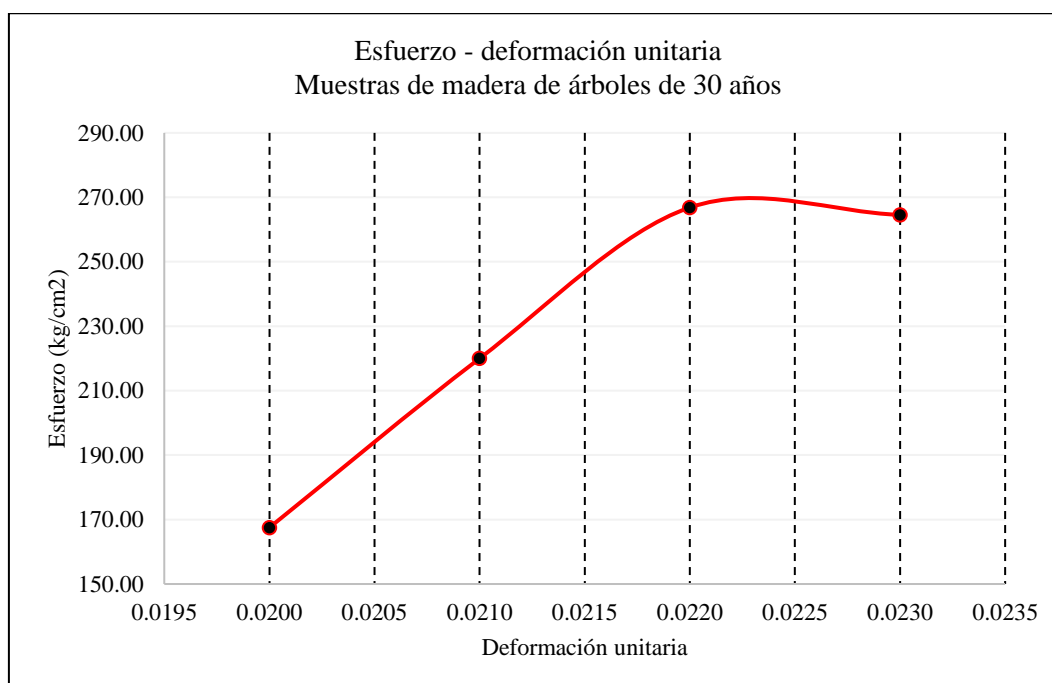
Tabla 21.

Esfuerzo máximo a compresión perpendicular – deformación unitaria, madera 30 años

Edad	Deformación	Esfuerzo máximo (kg/cm ²)	Módulo de elasticidad
30	0.0200	167.50	8375.00
30	0.0210	220.00	10476.19
30	0.0220	266.84	12129.11
30	0.0230	264.55	11502.17

Figura 22.

Esfuerzo compresión perpendicular – deformación unitaria, madera 30 años

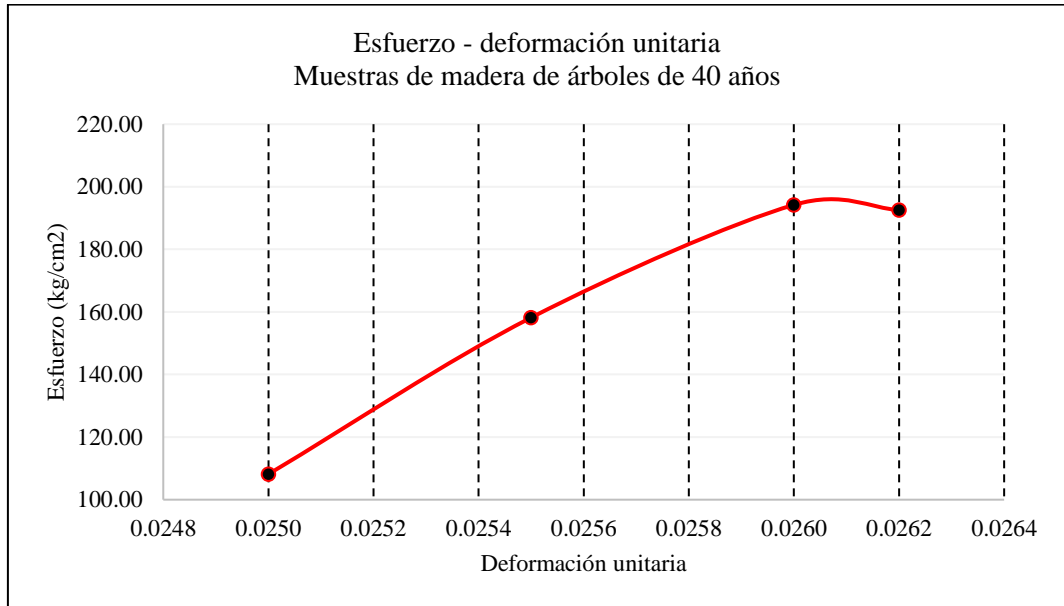
**Tabla 22.**

Esfuerzo máximo a compresión perpendicular – deformación unitaria, madera 40 años

Edad	Deformación	Esfuerzo máximo (kg/cm ²)	Módulo de elasticidad
40	0.0250	108.15	4326.00
40	0.0255	158.19	6203.53
40	0.0260	194.21	7469.68
40	0.0262	192.56	7349.62

Figura 23.

Esfuerzo compresión perpendicular – deformación unitaria, madera 40 años



El contenido de humedad promedio de la madera sauce posterior al ensayo de compresión perpendicular al grano, para muestras de los árboles de 10, 20, 30 y 40 años, alcanza valores de 20.19, 21.98, 21.04 y 18.41%, por lo que se observa una mayor cantidad de agua en las muestras según el incremento de la madurez de los árboles, no obstante, en árboles que superan los 30 años el contenido de humedad disminuye progresivamente. La diferencia entre el máximo y mínimo contenido de humedad promedio de todas las muestras es apenas 3%.

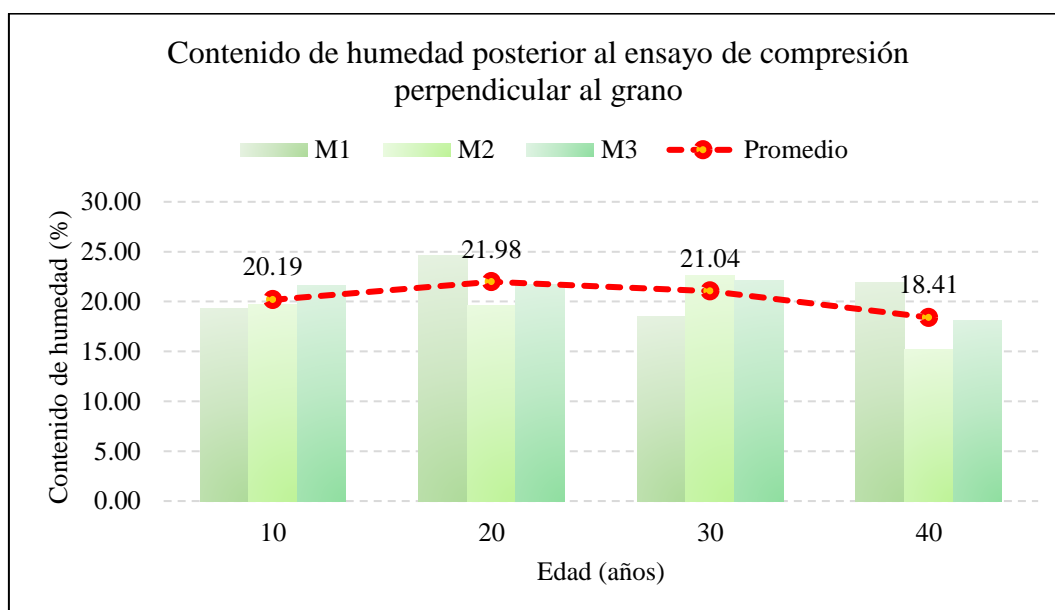
Tabla 23.

Contenido de humedad posterior al ensayo de compresión perpendicular

Contenido de humedad	Edad (años)				
	(%)	10	20	30	40
M1		19.26	24.58	18.46	21.92
M2		19.68	19.62	22.58	15.19
M3		21.62	21.74	22.09	18.11
Promedio		20.19	21.98	21.04	18.41
Desviación estándar		1.258	2.488	2.251	3.376
Coefficiente de variación		0.06	0.11	0.11	0.18

Figura 24.

Contenido de humedad posterior al ensayo de compresión perpendicular



5.1.1.3. Flexión estática de la madera

La madera sauce del centro poblado Cabracancha tiene una resistencia a la flexión estática promedio a los 10, 20, 30 y 40 años de 817.42, 958.34, 1191.57 y 926.59 kg/cm², respectivamente. La resistencia a flexión estática de la madera se incrementa conforme el árbol aumenta de edad hasta los 30 años, pero luego sufre un descenso en la resistencia llegando a disminuir hasta en 265 kg/cm², para árboles con una edad de 40 años.

Tabla 24.

Flexión estática

Resistencia máxima (kg/cm ²)	Edad (años)			
	10	20	30	40
M1	798.32	934.81	1133.23	943.07
M2	866.76	1014.84	1279.01	905.60
M3	787.18	925.39	1162.48	931.08
Promedio	817.42	958.34	1191.57	926.59
Desviación estándar	43.091	49.152	77.122	19.136
Coefficiente de variación	0.05	0.05	0.06	0.02

Figura 25.

Flexión estática

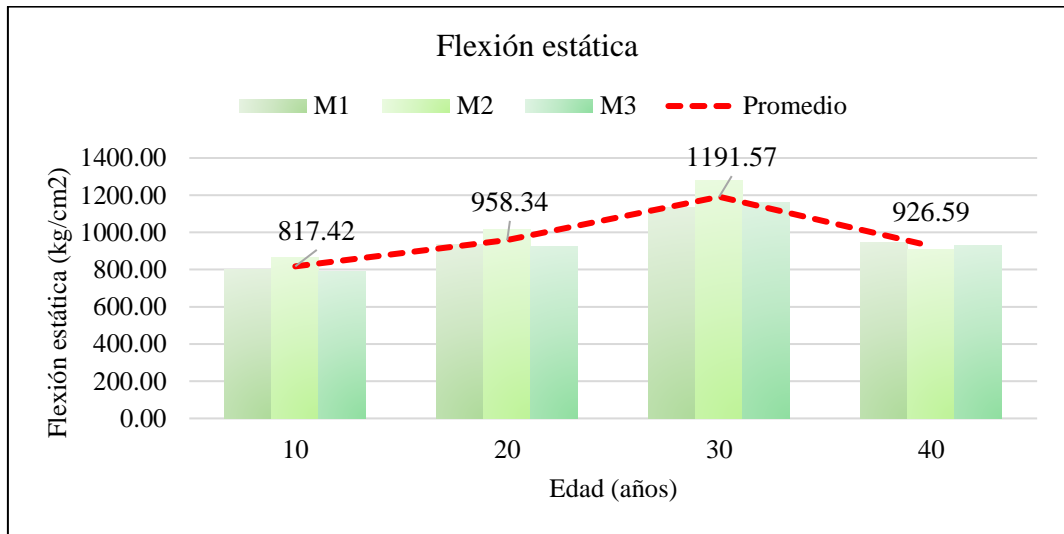


Tabla 25.

Esfuerzo máximo a flexión – deformación unitaria, madera 10 años

Edad	Deformación	Esfuerzo máximo (kg/cm ²)	Módulo de elasticidad
10	0.0110	657.31	59755.45
10	0.0115	715.12	62184.35
10	0.0120	817.40	68116.67
10	0.0121	824.00	68099.17

Figura 26.

Esfuerzo flexión – deformación, 10 años

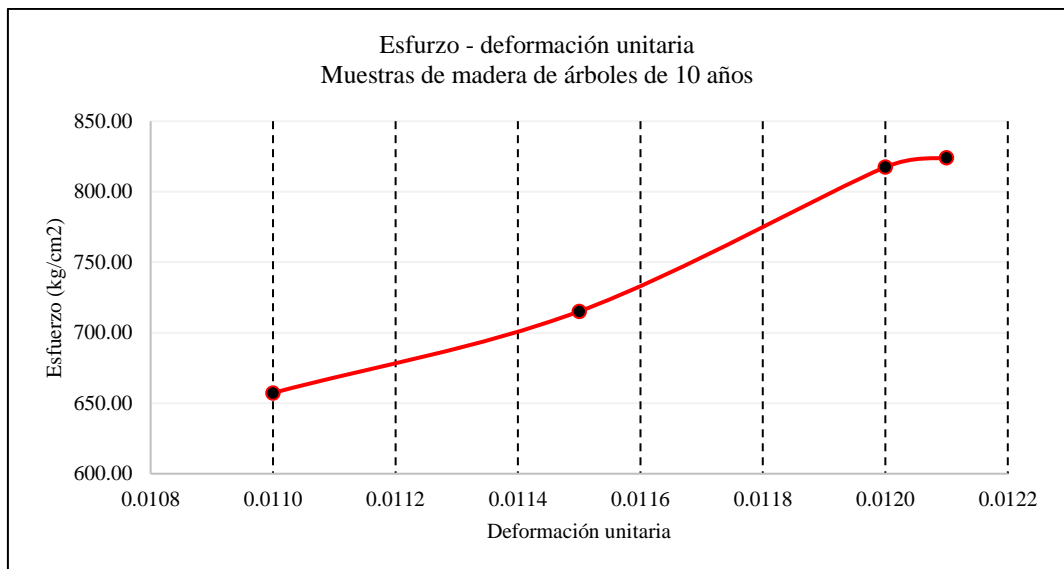
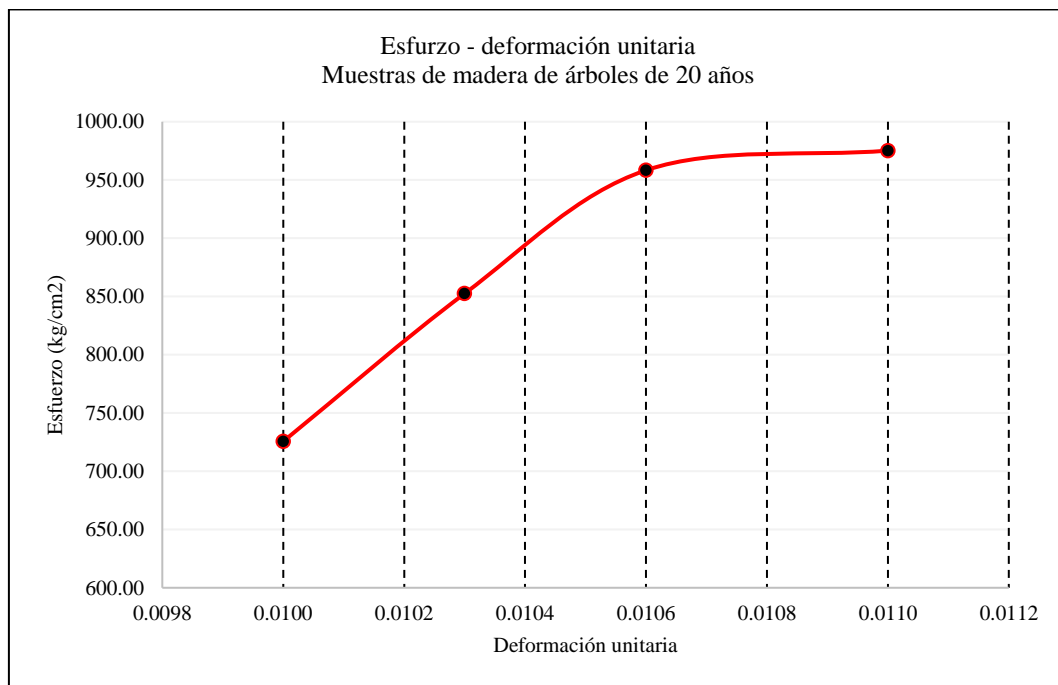


Tabla 26.*Esfuerzo máximo a flexión – deformación unitaria, madera 20 años*

Edad	Deformación	Esfuerzo máximo (kg/cm ²)	Módulo de elasticidad
20	0.0100	725.60	72560.00
20	0.0103	852.50	82766.99
20	0.0106	958.34	90409.43
20	0.0110	975.20	88654.55

Figura 27.*Esfuerzo flexión – deformación, 20 años***Tabla 27.***Esfuerzo máximo a flexión – deformación unitaria, madera 30 años*

Edad	Deformación	Esfuerzo máximo (kg/cm ²)	Módulo de elasticidad
30	0.0070	758.82	108402.86
30	0.0080	927.20	115900.00
30	0.0101	1191.57	117977.23
30	0.0105	1205.00	114761.90

Figura 28.

Esfuerzo flexión – deformación, 30 años

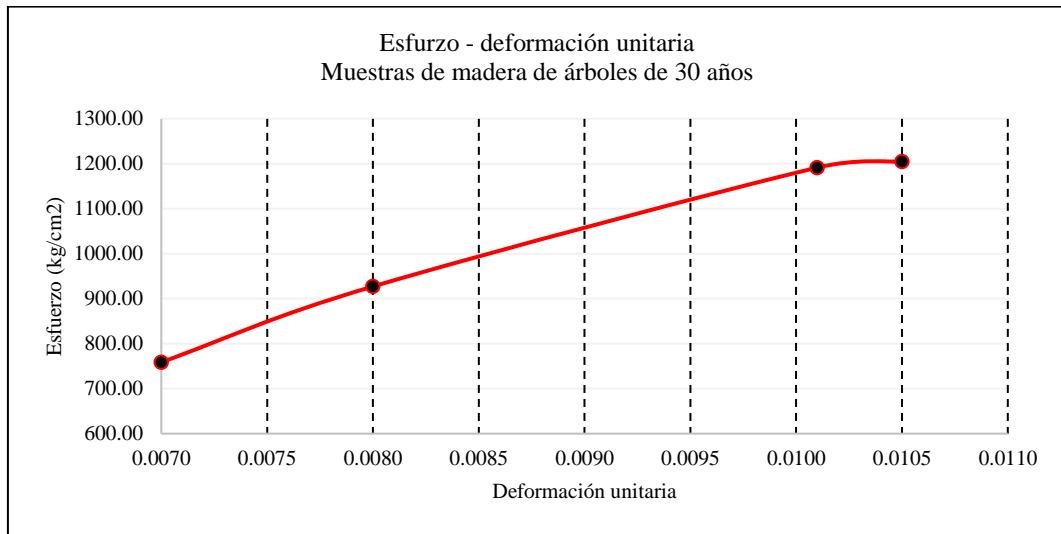


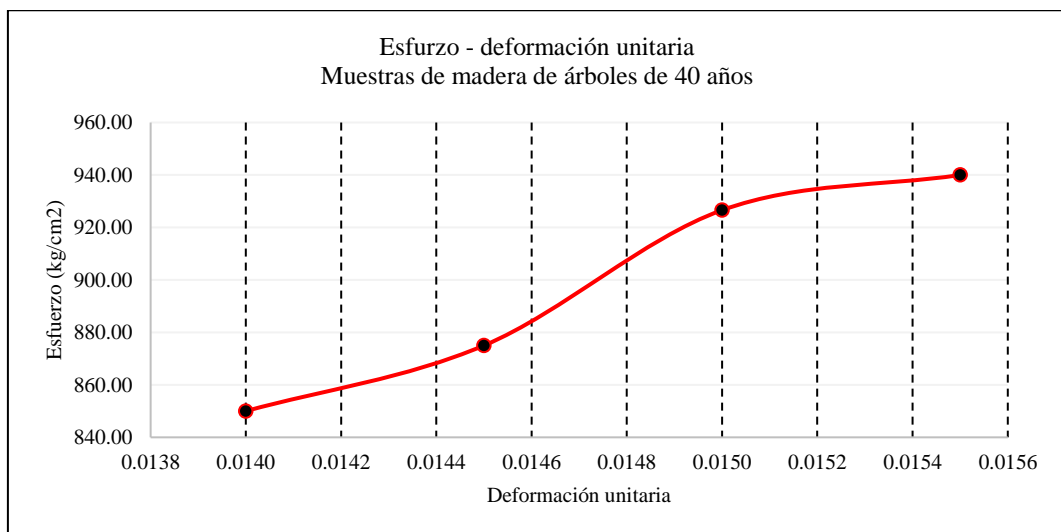
Tabla 28.

Esfuerzo máximo a flexión – deformación unitaria, madera 40 años

Edad	Deformación	Esfuerzo máximo (kg/cm ²)	Módulo de elasticidad
40	0.0140	850.00	60714.29
40	0.0145	875.00	60344.83
40	0.0150	926.59	61772.67
40	0.0155	940.00	60645.16

Figura 29.

Esfuerzo flexión – deformación, 40 años



El contenido de humedad promedio de la madera sauce posterior al ensayo de flexión estática, para muestras de los árboles de 10, 20, 30 y 40 años, alcanza valores de 26.82, 21.70, 19.06 y 22.49%, respectivamente, por lo que se observa una menor cantidad de agua en las muestras según el incremento de la madurez de los árboles, no obstante, en árboles que superan los 30 años el contenido de humedad se incrementa progresivamente alcanzando valores menores pero semejantes a los de las muestras más jóvenes.

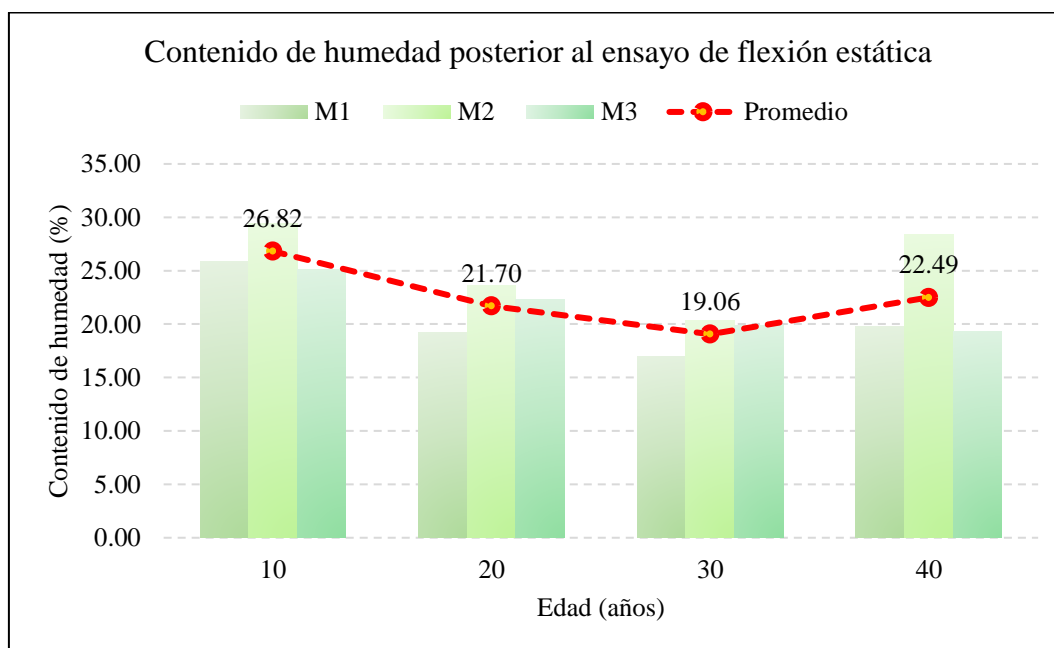
Tabla 29.

Contenido de humedad posterior al ensayo de flexión estática

Contenido de humedad (%)	Edad (años)			
	10	20	30	40
M1	25.89	19.19	16.99	19.79
M2	29.44	23.59	20.31	28.42
M3	25.14	22.32	19.87	19.27
Promedio	26.82	21.70	19.06	22.49
Desviación estándar	2.299	2.260	1.799	5.138
Coefficiente de variación	0.09	0.10	0.09	0.23

Figura 30.

Contenido de humedad posterior al ensayo de flexión estática



5.1.1.4. Tensión paralela a la fibra de la madera

La madera sauce del centro poblado Cabracancha tiene una resistencia a la tracción paralela a la fibra promedio a los 10, 20, 30 y 40 años de 730.73, 905.23, 716.36, 1035.34 kg/cm², respectivamente. La resistencia a tracción paralela de la madera no sigue una línea de tendencia regular, primero la resistencia aumenta para árboles de 10 a 20 años, pero luego disminuye para árboles de 30 años y vuelve a incrementarse en árboles de 40 años. Las resistencias no varían progresivamente con la edad.

Tabla 30.

Tracción paralela a la fibra

Resistencia máxima (kg/cm ²)	Edad (años)			
	10	20	30	40
M1	916.95	904.12	913.16	1340.68
M2	645.75	963.79	527.09	757.70
M3	629.49	847.79	708.83	1007.64
Promedio	730.73	905.23	716.36	1035.34
Desviación estándar	161.478	58.008	193.147	292.474
Coefficiente de variación	0.22	0.06	0.27	0.28

Figura 31.

Tracción paralela a la fibra

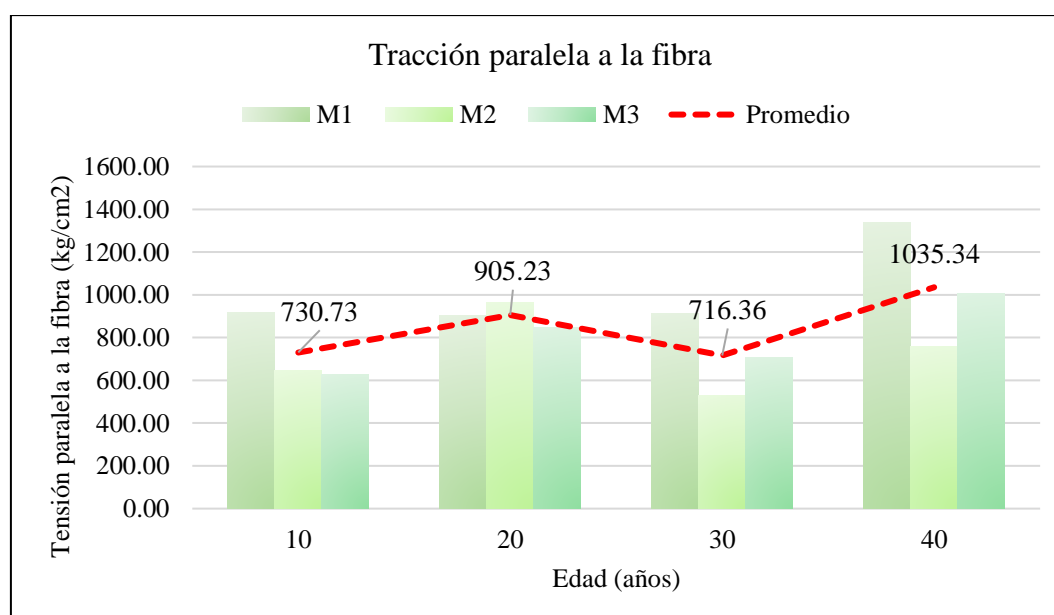
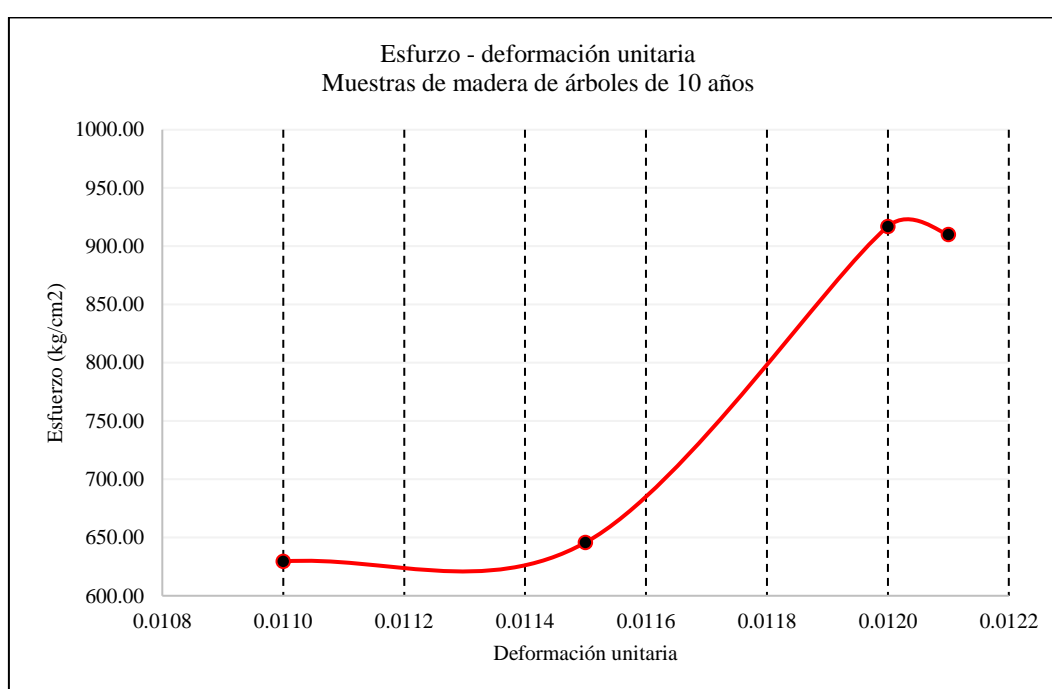


Tabla 31.*Esfuerzo máximo a tracción – deformación unitaria, madera 10 años*

Edad	Deformación	Esfuerzo máximo (kg/cm ²)	Módulo de elasticidad
10	0.0110	629.49	57226.71
10	0.0115	645.75	56151.78
10	0.0120	916.95	76412.82
10	0.0121	910.00	75206.61

Figura 32.*Esfuerzo tracción – deformación, 10 años***Tabla 32.***Esfuerzo máximo a tracción – deformación unitaria, madera 20 años*

Edad	Deformación	Esfuerzo máximo (kg/cm ²)	Módulo de elasticidad
20	0.0100	847.79	84778.92
20	0.0103	904.12	87778.41
20	0.0106	963.79	90923.48
20	0.0110	950.00	86363.64

Figura 33.

Esfuerzo tracción – deformación, 20 años

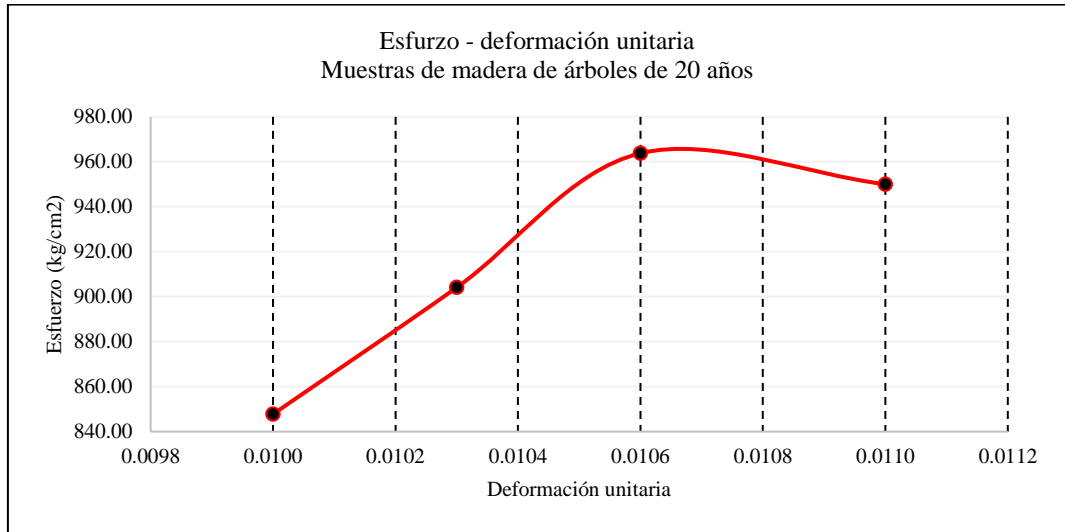


Tabla 33.

Esfuerzo máximo a tracción – deformación unitaria, madera 30 años

Edad	Deformación	Esfuerzo máximo (kg/cm ²)	Módulo de elasticidad
30	0.0070	527.09	75298.60
30	0.0080	708.83	88603.97
30	0.0101	913.16	90412.32
30	0.0105	910.00	86666.67

Figura 34.

Esfuerzo tracción – deformación, 30 años

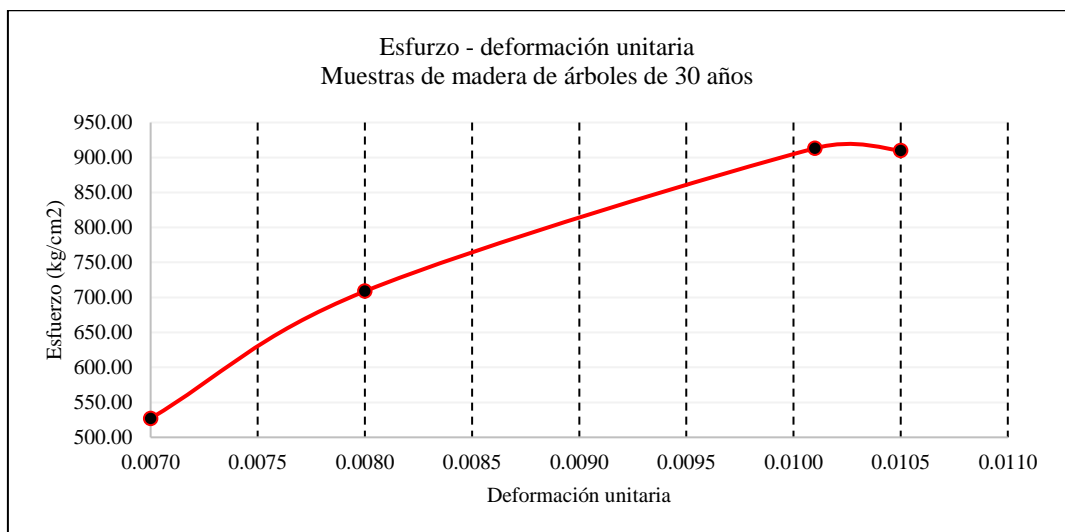


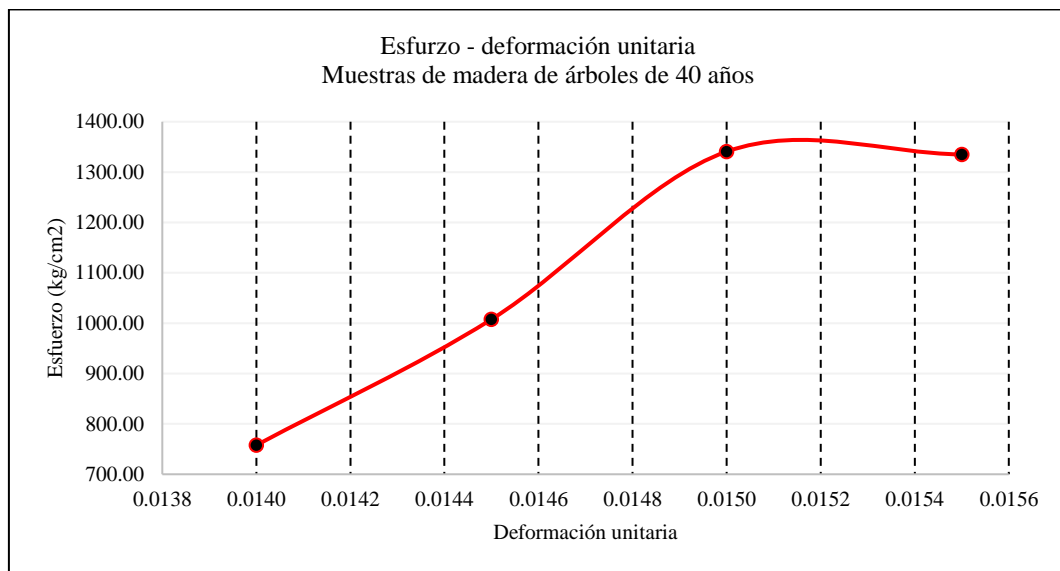
Tabla 34.

Esfuerzo máximo a tracción – deformación unitaria, madera 40 años

Edad	Deformación	Esfuerzo máximo (kg/cm ²)	Módulo de elasticidad
40	0.0140	757.70	54121.35
40	0.0145	1007.64	69492.75
40	0.0150	1340.68	89378.43
40	0.0155	1335.00	86129.03

Figura 35.

Esfuerzo tracción – deformación, 40 años

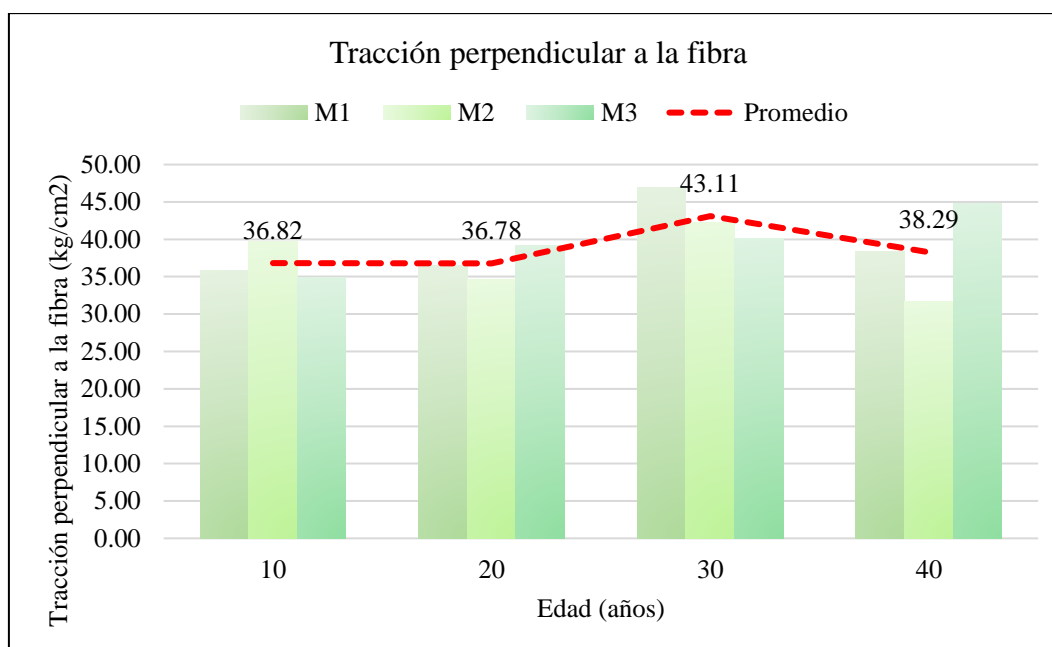


5.1.1.5. Tensión perpendicular a la fibra de la madera

La madera sauce del centro poblado Cabracancha tiene una resistencia a la tensión perpendicular a la fibra promedio a los 10, 20, 30 y 40 años de 36.82, 36.78, 43.11 y 38.29 kg/cm². La resistencia a la tensión perpendicular a la fibra de la madera se incrementa conforme el árbol aumenta de edad hasta los 30 años, pero luego sufre un descenso en la resistencia llegando a disminuir hasta en 5 kg/cm², para árboles con una edad de 40 años.

Tabla 35.*Tensión perpendicular a la fibra*

Resistencia máxima (kg/cm ²)	Edad (años)			
	10	20	30	40
M1	35.86	36.53	46.93	38.42
M2	39.66	34.60	42.27	31.70
M3	34.92	39.21	40.12	44.74
Promedio	36.82	36.78	43.11	38.29
Desviación estándar	2.511	2.312	3.485	6.523
Coefficiente de variación	0.07	0.06	0.08	0.17

Figura 36.*Tracción perpendicular a la fibra***Tabla 36.***Esfuerzo máximo a tensión perpendicular – deformación unitaria, madera 10 años*

Edad	Deformación	Esfuerzo máximo (kg/cm ²)	Módulo de elasticidad
10	0.0004	27.92	69800.00
10	0.0005	35.86	71726.78
10	0.0006	39.66	72114.87
10	0.0007	39.00	60000.00

Figura 37.

Esfuerzo tensión perpendicular – deformación, 10 años

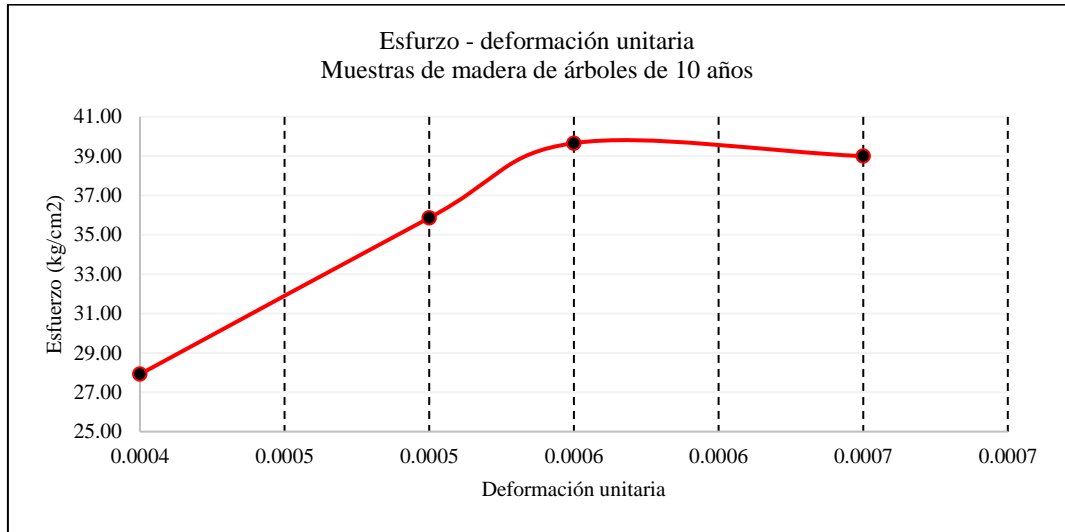


Tabla 37.

Esfuerzo máximo a tensión perpendicular – deformación unitaria, madera 20 años

Edad	Deformación	Esfuerzo máximo (kg/cm ²)	Módulo de elasticidad
20	0.00040	28.60	71500.00
20	0.00050	39.53	79060.00
20	0.00055	45.24	82254.55
20	0.00060	44.00	73333.33

Figura 38.

Esfuerzo tensión perpendicular – deformación, 20 años

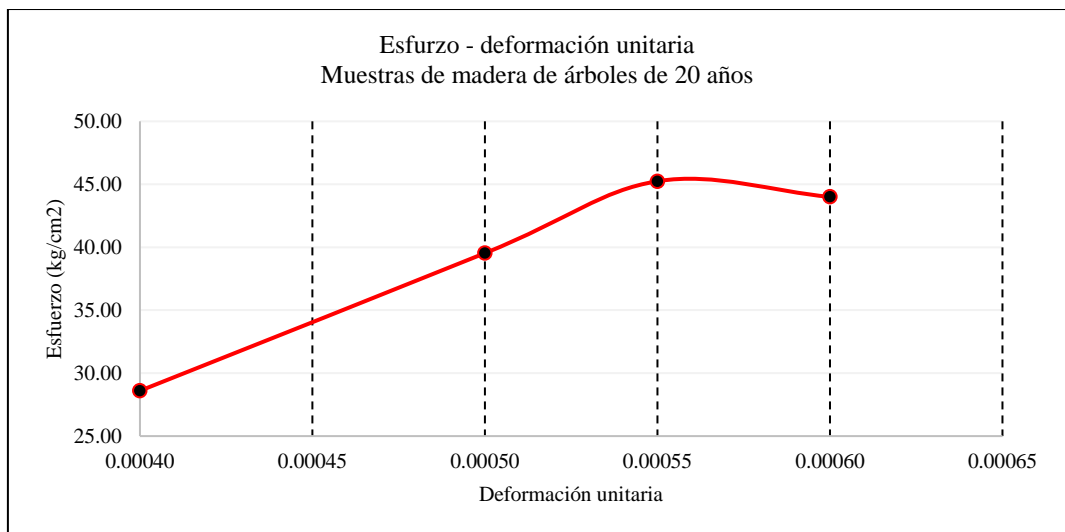


Tabla 38.

Esfuerzo máximo a tensión perpendicular – deformación unitaria, madera 30 años

Edad	Deformación	Esfuerzo máximo (kg/cm ²)	Módulo de elasticidad
30	0.0004	30.12	75300.00
30	0.0005	45.27	90540.00
30	0.0006	49.93	90781.82
30	0.0007	49.00	75384.62

Figura 39.

Esfuerzo tensión perpendicular – deformación, 30 años

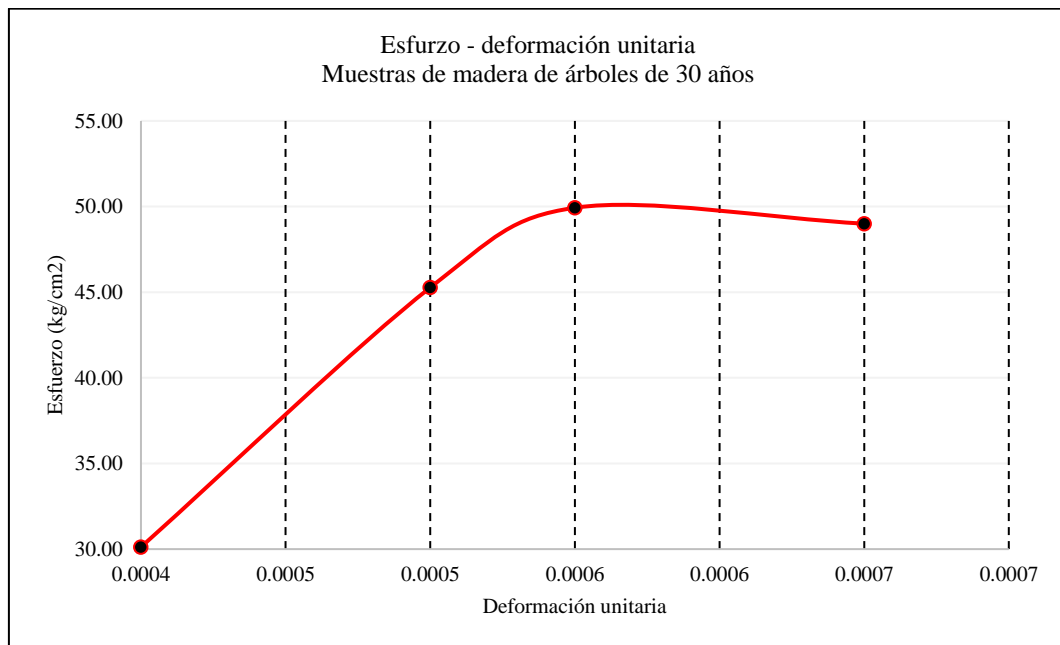


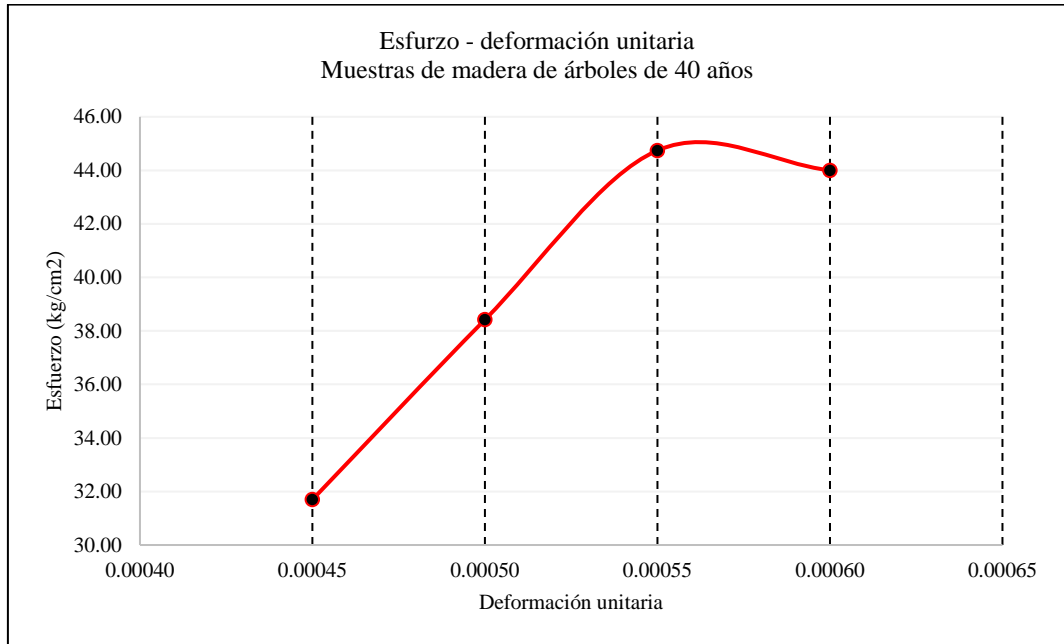
Tabla 39.

Esfuerzo máximo a tensión perpendicular – deformación unitaria, madera 40 años

Edad	Deformación	Esfuerzo máximo (kg/cm ²)	Módulo de elasticidad
40	0.00045	31.70	70441.36
40	0.00050	38.42	76839.56
40	0.00055	44.74	81351.51
40	0.00060	44.00	73333.33

Figura 40.

Esfuerzo tensión perpendicular – deformación, 40 años



El contenido de humedad promedio de la madera sauce posterior al ensayo de tracción perpendicular a la fibra, para muestras de los árboles de 10, 20, 30 y 40 años, alcanza valores de 17.80, 23.00, 23.08 y 19.21%, por lo que se observa una mayor cantidad de agua en las muestras de mayor edad, es decir según el incremento de la madurez de los árboles también aumenta el contenido de humedad, pero hasta los 30 años, luego el contenido de humedad disminuye progresivamente alcanzando valores similares a los de árboles más jóvenes.

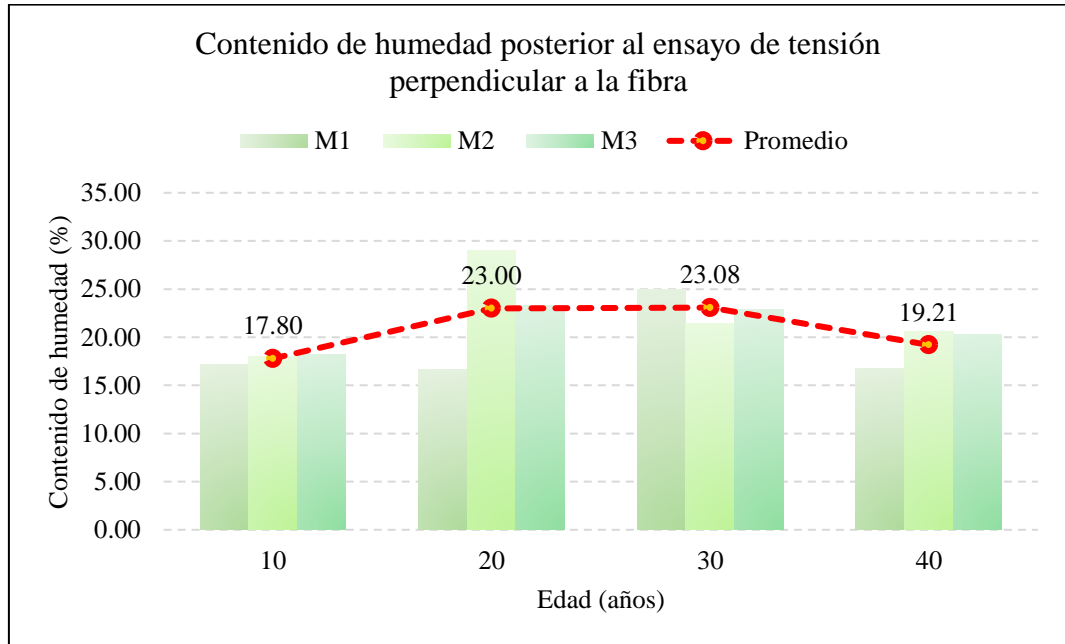
Tabla 40.

Contenido de humedad posterior al ensayo de tracción perpendicular a la fibra

Contenido de humedad (%)	Edad (años)			
	10	20	30	40
M1	17.15	16.69	24.96	16.77
M2	18.04	29.06	21.38	20.62
M3	18.19	23.25	22.89	20.23
Promedio	17.80	23.00	23.08	19.21
Desviación estándar	0.562	6.189	1.800	2.122
Coefficiente de variación	0.03	0.27	0.08	0.11

Figura 41.

Contenido de humedad posterior al ensayo de tracción perpendicular a la fibra



5.1.1.6. Cizallamiento paralelo a la fibra de la madera

La madera sauce del centro poblado Cabracancha tiene una resistencia a cizallamiento promedio a los 10, 20, 30 y 40 años de 40.53, 37.04, 44.64 y 43.46 kg/cm². La resistencia a cizallamiento de la madera no sigue una línea de tendencia regular, primero la resistencia disminuye para árboles de 10 a 20 años, pero luego aumenta para árboles de 30 años y vuelve a disminuir en árboles de 40 años. Las resistencias no varían progresivamente con la edad.

Tabla 41.

Cizallamiento paralelo al grano

Resistencia máxima (kg/cm ²)	Edad (años)			
	10	20	30	40
M1	36.17	37.33	43.34	39.65
M2	46.09	40.66	44.04	44.34
M3	39.34	33.12	46.53	46.39
Promedio	40.53	37.04	44.64	43.46
Desviación estándar	5.067	3.781	1.681	3.454
Coefficiente de variación	0.13	0.10	0.04	0.08

Figura 42.

Cizallamiento paralelo al grano

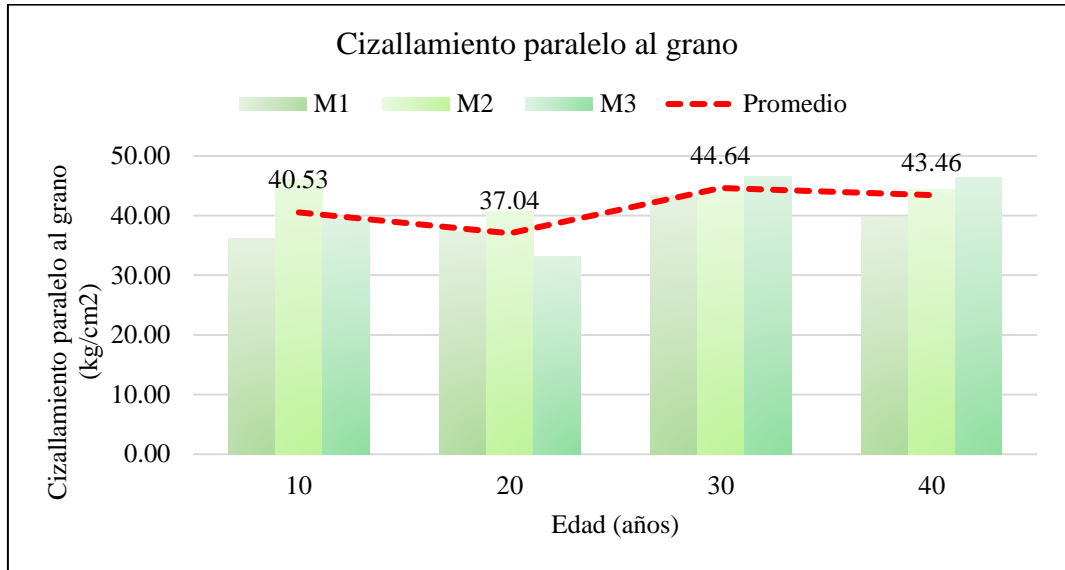


Tabla 42.

Esfuerzo máximo a cizallamiento – deformación unitaria, madera 10 años

Edad	Deformación	Esfuerzo máximo (kg/cm ²)	Módulo de elasticidad
10	0.00030	26.17	87233.33
10	0.00040	39.34	98354.98
10	0.00045	46.09	102419.06
10	0.00050	46.00	92000.00

Figura 43.

Esfuerzo tensión perpendicular – deformación, 10 años

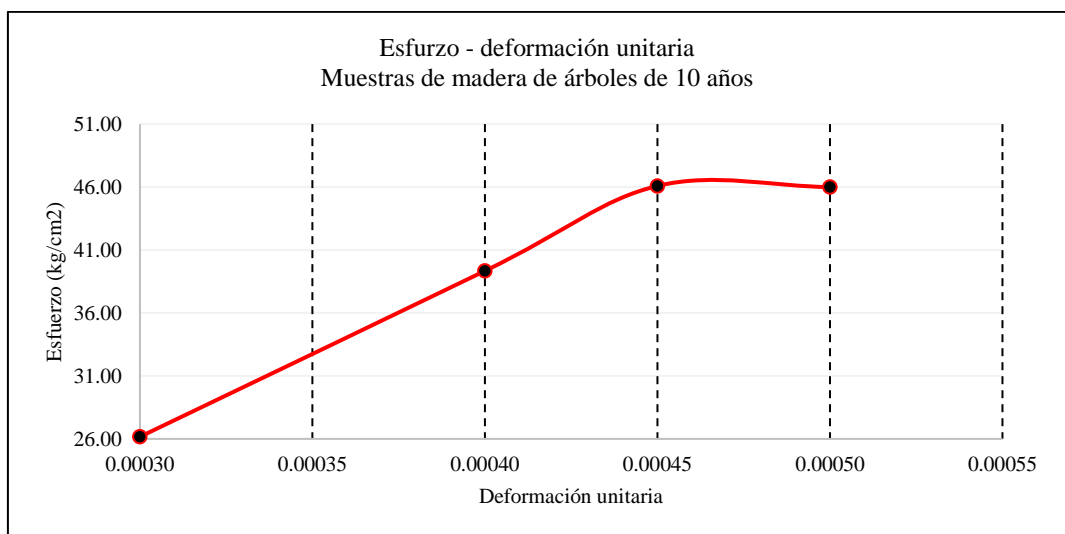
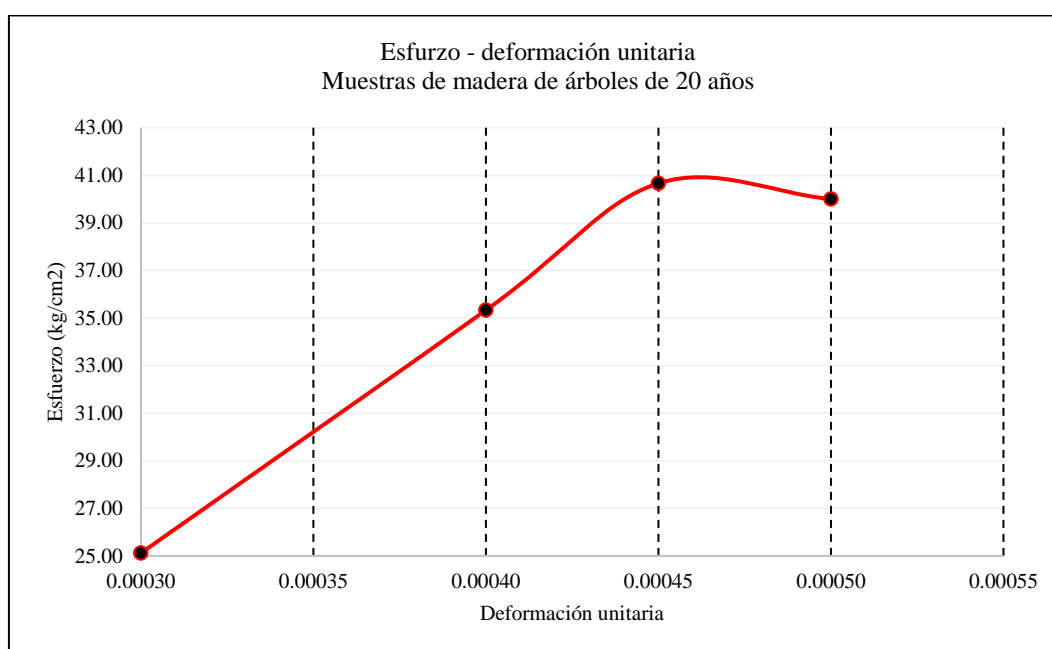


Tabla 43.*Esfuerzo máximo a cizallamiento – deformación unitaria, madera 20 años*

Edad	Deformación	Esfuerzo máximo (kg/cm ²)	Módulo de elasticidad
20	0.00030	25.12	83733.33
20	0.00040	35.33	88325.00
20	0.00045	40.66	90361.44
20	0.00050	40.00	80000.00

Figura 44.*Esfuerzo tensión perpendicular – deformación, 20 años***Tabla 44.***Esfuerzo máximo a cizallamiento – deformación unitaria, madera 30 años*

Edad	Deformación	Esfuerzo máximo (kg/cm ²)	Módulo de elasticidad
30	0.00030	30.34	101133.33
30	0.00040	43.04	107600.00
30	0.00045	48.53	107844.44
30	0.00050	46.00	92000.00

Figura 45.

Esfuerzo cizallamiento – deformación, 30 años

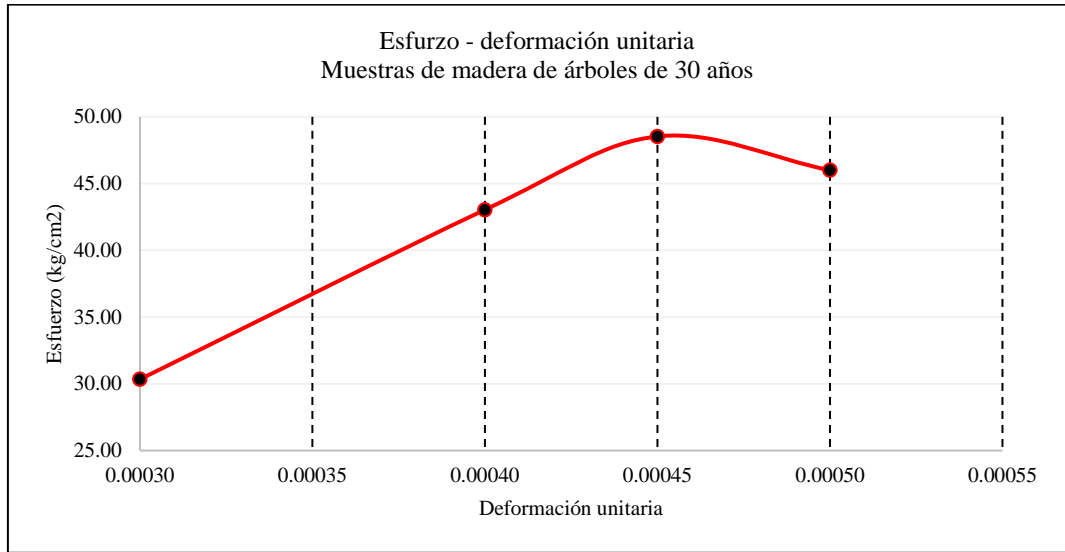


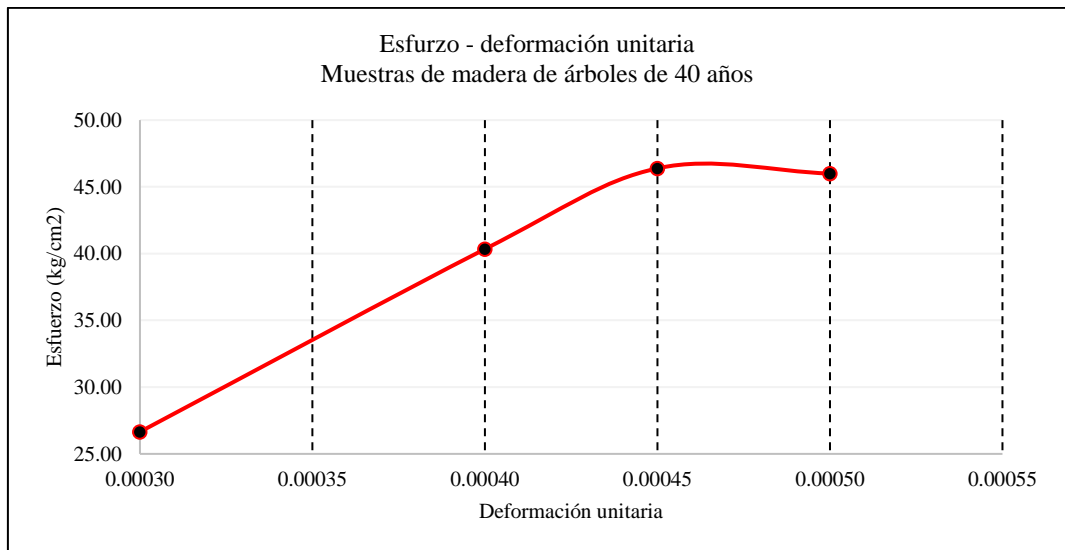
Tabla 45.

Esfuerzo máximo a cizallamiento – deformación unitaria, madera 40 años

Edad	Deformación	Esfuerzo máximo (kg/cm ²)	Módulo de elasticidad
40	0.00030	26.65	88833.33
40	0.00040	40.34	100850.00
40	0.00045	46.39	103080.16
40	0.00050	46.00	92000.00

Figura 46.

Esfuerzo cizallamiento – deformación, 40 años



El contenido de humedad promedio de la madera sauce posterior al ensayo de cizallamiento, para muestras de los árboles de 10, 20, 30 y 40 años, alcanza valores de 11.25, 12.27, 11.87 y 12.04%, por lo que se observa una variación irregular del contenido de humedad con respecto a la edad, debido a que todas las muestras presentan valores similares de humedad. La diferencia entre el contenido de humedad máximo y mínimo promedio es de tan solo de 1.02%, por lo que se puede deducir que el contenido de humedad no varía según la edad de los árboles.

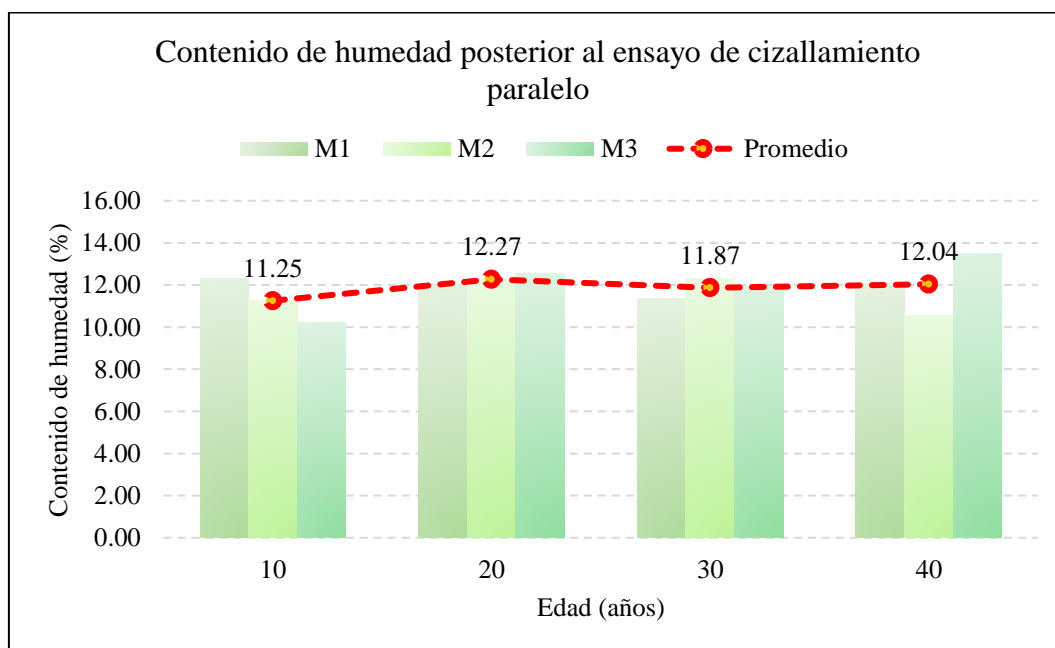
Tabla 46.

Contenido de humedad posterior al ensayo de cizallamiento paralelo al grano

Contenido de humedad (%)	Edad (años)			
	10	20	30	40
M1	12.29	11.95	11.35	12.06
M2	11.26	12.33	12.31	10.56
M3	10.21	12.53	11.95	13.50
Promedio	11.25	12.27	11.87	12.04
Desviación estándar	1.041	0.291	0.487	1.471
Coefficiente de variación	0.09	0.02	0.04	0.12

Figura 47.

Contenido de humedad posterior al ensayo de cizallamiento paralelo al grano



5.1.2. Esfuerzos admisibles de la madera

Para determinar los esfuerzos admisibles de la madera el sauce del centro poblado Cabracancha, de árboles con 10, 20 30 y 40 años de madurez, se han multiplicado los valores de resistencia a compresión paralela, compresión perpendicular, flexión estática, tracción y corte paralelos, por los factores de corrección dados en la norma E.010 (MVCS, 2021). Tal como indica la siguiente fórmula:

$$\text{Esfuerzo admisible} = \frac{FC \times FT}{FS \times FDC} \times \text{Esfuerzo básico}$$

Los factores de corrección para determinar los esfuerzos admisibles son: FC coeficiente de reducción por calidad, FT coeficiente de reducción por tamaño, FS coeficiente de seguridad y FDC coeficiente de duración de carga. Estos coeficientes se multiplican según corresponda a cada tipo de resistencia mecánica. Los esfuerzos admisibles de la madera se determinan para cada parámetro mecánico por tanto los factores de corrección cambian para cada tipo de resistencia, siendo así estos factores son los que se muestran en la Tabla 47.

Tabla 47.

Factores de corrección para determinar los esfuerzos admisibles de la madera

	Flexión	Compresión paralela	Corte paralelo	Compresión perpendicular
FC	0.80			
FT	0.90			
FS	2.00	1.60	4.00	1.60
FDC	1.15	1.25		

Nota: Norma E.010 (MVCS, 2021).

Los valores de los esfuerzos admisibles de la madera permiten clasificar estructuralmente a una especie forestal, representan el máximo esfuerzo que resiste la madera ante una carga mecánica, corregida por factores externos e internos.

5.1.2.1. Esfuerzo admisible a compresión paralela al grano

La madera sauce del centro poblado Cabracancha tiene esfuerzos admisibles a la compresión paralela al grano promedio a los 10, 20, 30 y 40 años de 37.81, 80.50, 97.21 y 90.03 kg/cm², respectivamente. El esfuerzo admisible a compresión paralela al grano de la madera se incrementa conforme el árbol aumenta de edad hasta los 30 años, pero luego sufre un descenso en la resistencia llegando a disminuir hasta en 7 kg/cm², para árboles con 40 años.

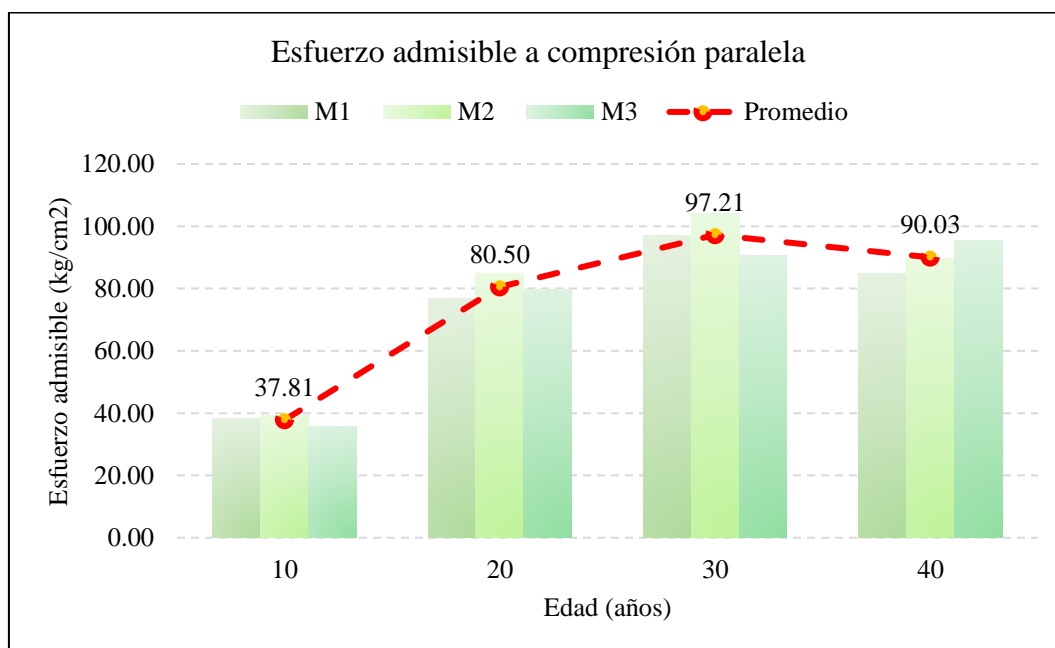
Tabla 48.

Esfuerzo admisible a compresión paralela

Resistencia máxima (kg/cm ²)	Edad (años)			
	10	20	30	40
M1	38.32	76.90	96.93	84.95
M2	39.30	84.79	104.04	89.59
M3	35.82	79.82	90.65	95.55
Promedio	37.81	80.50	97.21	90.03
Desviación estándar	1.796	3.989	6.698	5.311
Coefficiente de variación	0.05	0.05	0.07	0.06

Figura 48.

Esfuerzo admisible a compresión paralela



5.1.2.2. Esfuerzo admisible a compresión perpendicular

La madera sauce del centro poblado Cabracancha tiene esfuerzo admisible a la compresión perpendicular al grano promedio a los 10, 20, 30 y 40 años de 54.68, 82.51, 123.83 y 98.03 kg/cm², respectivamente. El esfuerzo admisible a compresión perpendicular al grano de la madera se incrementa conforme el árbol aumenta de edad hasta los 30 años, pero luego sufre un descenso en la resistencia llegando a disminuir hasta en 20 kg/cm², para árboles con una edad de 40 años.

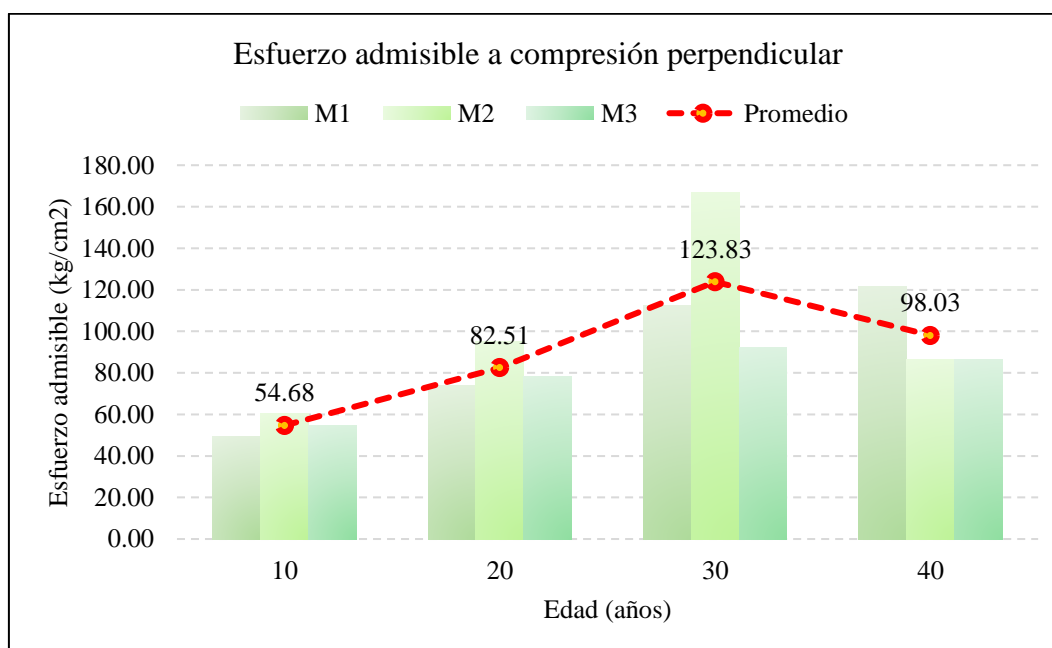
Tabla 49.

Esfuerzo admisible a compresión perpendicular

Resistencia máxima (kg/cm ²)	Edad (años)			
	10	20	30	40
M1	49.31	73.69	112.52	121.38
M2	60.27	95.34	166.78	86.37
M3	54.46	78.48	92.19	86.34
Promedio	54.68	82.51	123.83	98.03
Desviación estándar	5.480	11.372	38.558	20.222
Coefficiente de variación	0.10	0.14	0.31	0.21

Figura 49.

Esfuerzo admisible a compresión perpendicular



5.1.2.3. Esfuerzo admisible a flexión estática

La madera sauce del centro poblado Cabracancha tiene esfuerzo admisible a la flexión estática promedio a los 10, 20, 30 y 40 años de 255.89, 300.00, 373.01 y 290.06 kg/cm², respectivamente. El esfuerzo admisible a flexión estática de la madera se incrementa conforme el árbol aumenta de edad hasta los 30 años, pero luego sufre un descenso en la resistencia llegando a disminuir hasta en 83 kg/cm², para árboles con una edad de 40 años.

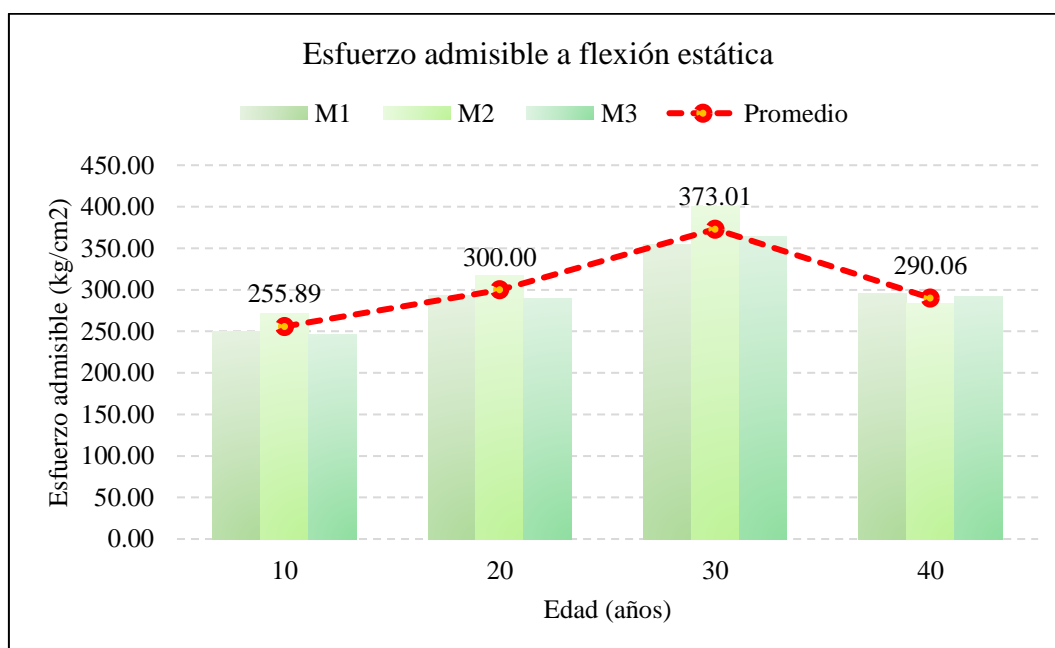
Tabla 50.

Esfuerzo admisible a flexión estática

Resistencia máxima (kg/cm ²)	Edad (años)			
	10	20	30	40
M1	249.91	292.63	354.75	295.22
M2	271.33	317.69	400.39	283.49
M3	246.42	289.69	363.91	291.47
Promedio	255.89	300.00	373.01	290.06
Desviación estándar	13.490	15.387	24.143	5.990
Coefficiente de variación	0.05	0.05	0.06	0.02

Figura 50.

Esfuerzo admisible a flexión estática



5.1.2.4. Esfuerzo admisible a tracción paralela

La madera sauce del centro poblado Cabracancha tiene esfuerzo admisible a tracción paralela a la fibra promedio a los 10, 20, 30 y 40 años de 182.68, 226.31, 179.09 y 258.84 kg/cm², respectivamente. El esfuerzo admisible a tracción paralela de la madera no sigue una línea de tendencia regular, el esfuerzo aumenta para árboles de 10 a 20 años, pero luego disminuye para árboles de 30 años y vuelve a incrementarse en árboles de 40 años. Los esfuerzos no varían progresivamente con la edad.

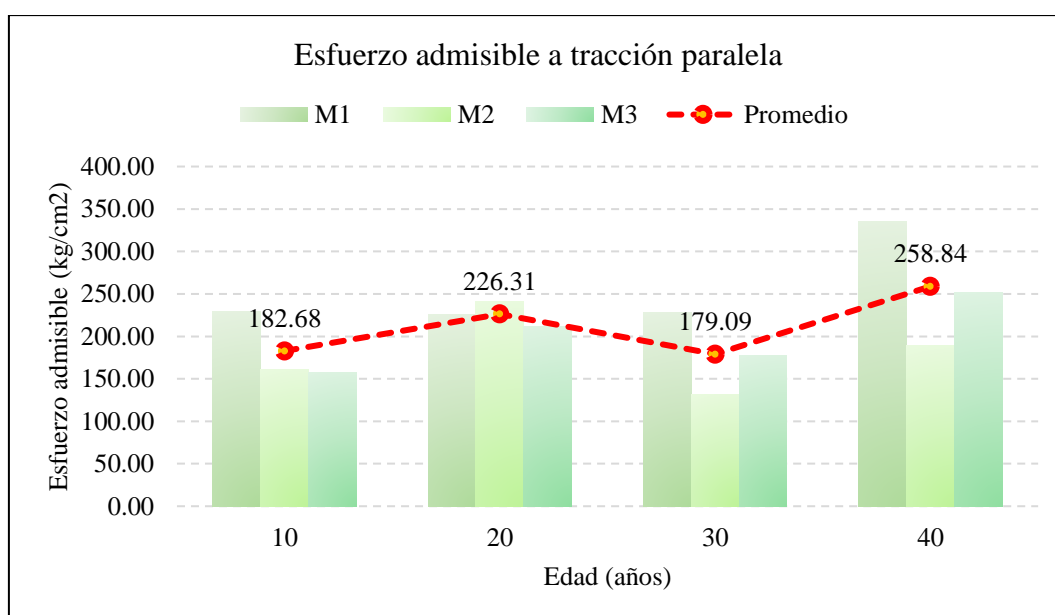
Tabla 51.

Esfuerzo admisible a tracción paralela

Resistencia máxima (kg/cm ²)	Edad (años)			
	10	20	30	40
M1	229.24	226.03	228.29	335.17
M2	161.44	240.95	131.77	189.42
M3	157.37	211.95	177.21	251.91
Promedio	182.68	226.31	179.09	258.84
Desviación estándar	40.370	14.502	48.287	73.118
Coefficiente de variación	0.22	0.06	0.27	0.28

Figura 51.

Esfuerzo admisible a tracción paralela



5.1.2.5. Esfuerzo admisible a corte paralelo

La madera sauce del centro poblado Cabracancha tiene esfuerzo admisible al corte paralelo promedio a los 10, 20, 30 y 40 años de 10.13, 9.26, 11.16 y 10.86 kg/cm², respectivamente. El esfuerzo admisible a corte paralelo de la madera no sigue una línea de tendencia regular, primero el esfuerzo disminuye para árboles de 10 a 20 años, pero luego aumenta para árboles de 30 años y vuelve a disminuir en árboles de 40 años. Los esfuerzos admisibles no varían progresivamente con la edad.

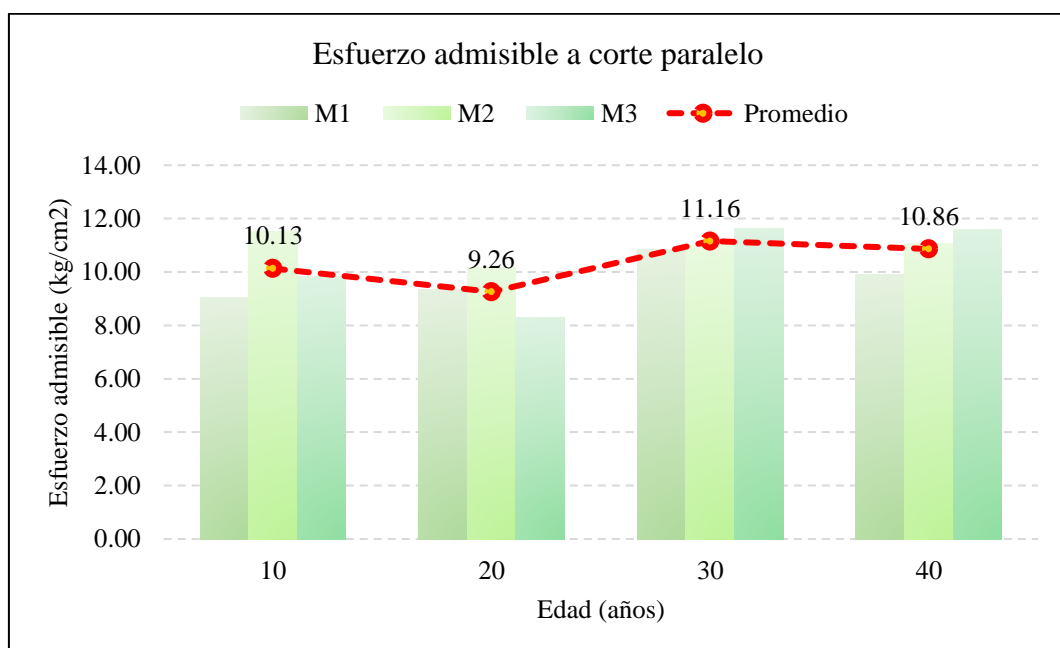
Tabla 52.

Esfuerzo admisible a corte paralelo

Resistencia máxima (kg/cm ²)	Edad (años)			
	10	20	30	40
M1	9.04	9.33	10.83	9.91
M2	11.52	10.17	11.01	11.08
M3	9.84	8.28	11.63	11.60
Promedio	10.13	9.26	11.16	10.86
Desviación estándar	1.267	0.945	0.420	0.863
Coefficiente de variación	0.13	0.10	0.04	0.08

Figura 52.

Esfuerzo admisible a corte paralelo



5.1.3. Clasificación de la madera

5.1.3.1. Descripción anatómica de la madera

La madera sauce de la especie “*Salix alba*”, pertenece a la familia salicaceae, la madera presenta duramen de color blanco rosado y albura blanca, olor y sabor ausente, lustre medio, textura fina, madera dura, anillos de crecimiento visibles a simple vista y con lupa de 10X, la madera que se observa en la Fig. 41, tiene una edad de 30 años, siendo árboles que usualmente usan en la comunidad de CabracanCHA del distrito de Chota, para la construcción de armaduras para techos.

Figura 53.

Vista de la sección transversal y longitudinal de la madera “Salix alba”



5.1.3.2. Agrupamiento provisional en base a la densidad básica

La densidad básica promedio de la madera “*Salix alba*”, presenta una densidad básica de 0.50 a 0.52 gr/cm³, por lo que el grupo de clasificación es el Grupo C (rango de densidad básica de 0.40 a 0.55 gr/cm³).

Tabla 53.

Densidad básica de la madera sauce

Densidad básica (gr/cm ³)	Edad (años)			
	10	20	30	40
M1	0.50	0.51	0.52	0.52
M2	0.51	0.52	0.53	0.51
M3	0.49	0.52	0.52	0.51
Promedio	0.50	0.52	0.52	0.51
Desv. estándar	0.010	0.006	0.006	0.006
Coef. de variación	0.02	0.01	0.01	0.01

5.1.3.3. Valores de rigidez (módulo de elasticidad)

El módulo de elasticidad de la madera sauce del centro poblado Cabracancha, se clasifica dentro del grupo C (rango de 55,000 a 90,000 kg/cm²)

Tabla 54.

Módulo de elasticidad de la madera sauce

Edad	Deformación	Esfuerzo máximo (kg/cm ²)	Módulo de elasticidad (kg/cm ²)
10	0.0120	916.9538	76412.8157
20	0.0106	963.7889	90923.4845
30	0.0101	913.1644	90412.3184
40	0.0150	1340.6764	89378.4288

5.1.3.4. Esfuerzos admisibles

Para clasificar la madera sauce del centro poblado Cabracancha según las propiedades mecánicas especificadas en la norma E.010 (MVCS, 2021) se ha tomado en cuenta los esfuerzos admisibles alcanzados por la madera, a compresión paralela al grano, compresión perpendicular al grano, flexión estática,

tracción y corte paralelos, para árboles de 10, 20, 30 y 40 años de edad. De esta forma no solo se puede observar la clasificación estructural de la madera según los esfuerzos admisibles, sino también se puede visualizar como la clasificación de la madera sauce del centro poblado Cabracancha puede cambiar según la edad de sus plantaciones.

La norma E.010 del MVCS (2021) establece tres grupos de clasificación para la madera, el grupo A, B o C, tal como se muestran en la Tabla 43, donde el grupo C es el que tiene menor exigencia respecto a los esfuerzos admisibles, pero los tres grupos (A, B y C) tienen como fin el uso estructural de la madera para la construcción. Así mismo, la norma establece que si una madera no cumple con todos los esfuerzos admisibles mínimos para una clasificación formará parte de otra clasificación si es que fuera el caso, de lo contrario no tendría grupo de clasificación. Es decir, si una madera presenta esfuerzos admisibles a compresión, tracción y corte dentro de la clasificación A, pero los esfuerzos admisibles a flexión son menores, entonces su clasificación será B o C según corresponda.

Tabla 55.

Esfuerzos admisibles (kg/cm²) de la madera según la norma E.010

Grupo	Compresión paralela	Compresión perpendicular	Flexión	Tracción paralela	Corte paralelo
A	145	40	210	145	15
B	110	28	150	105	12
C	80	15	100	80	8

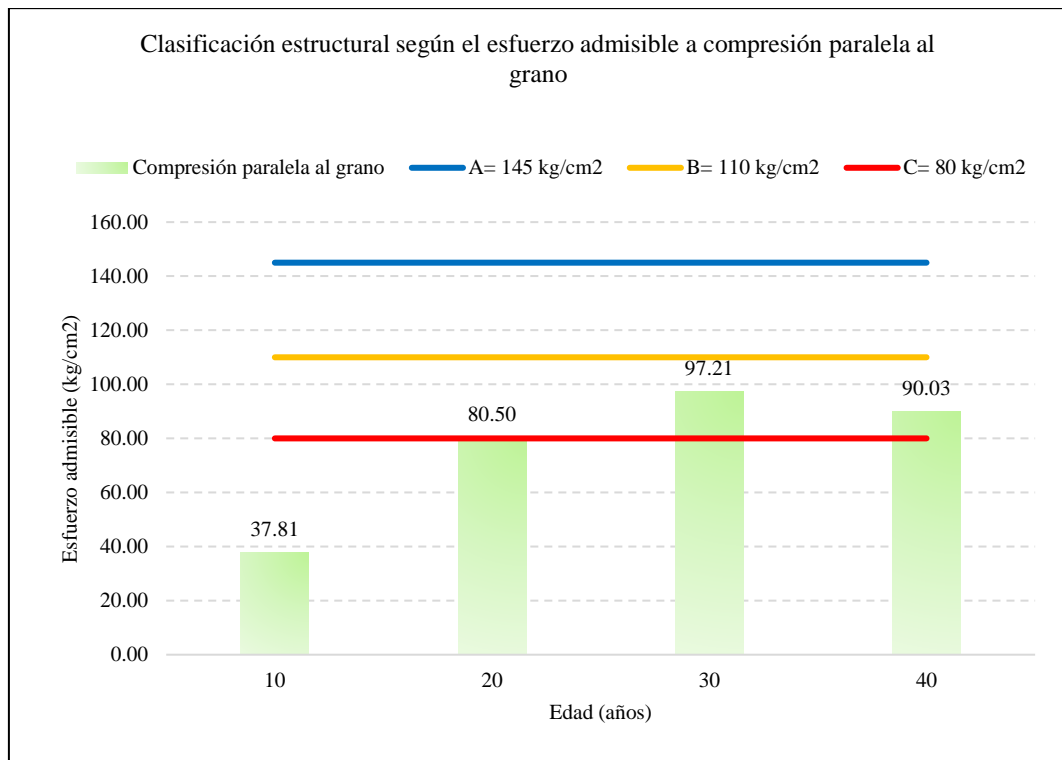
Nota: Norma E.010 (MVCS, 2021).

La madera sauce del centro poblado Cabracancha, a los 20, 30 y 40 años según sus esfuerzos admisibles a compresión paralela al grano se clasifica dentro del grupo C (> 80 kg/cm², pero menor a 110 kg/cm²), así mismo la madera obtenida de árboles de 10 años no alcanza un promedio de esfuerzo admisible a compresión paralela al grano que supere el rango de clasificación, por tanto, no se clasifica en

ningún grupo estructural según la norma E.010 (MVCS, 2021). Así mismo, cabe recalcar que, si bien la clasificación estructural de la madera no cambia respecto a la edad del árbol, a excepción de la madera de plantaciones de 10 años que no tiene grupo estructural, los esfuerzos admisibles a compresión paralela de la madera sauce son mayores para las muestras generadas de árboles de 30 años, por lo que esta es la edad propicia para la tala de árboles y el uso de esta madera con fines estructurales.

Figura 54.

Clasificación estructural según el esfuerzo admisible a compresión paralela al grano

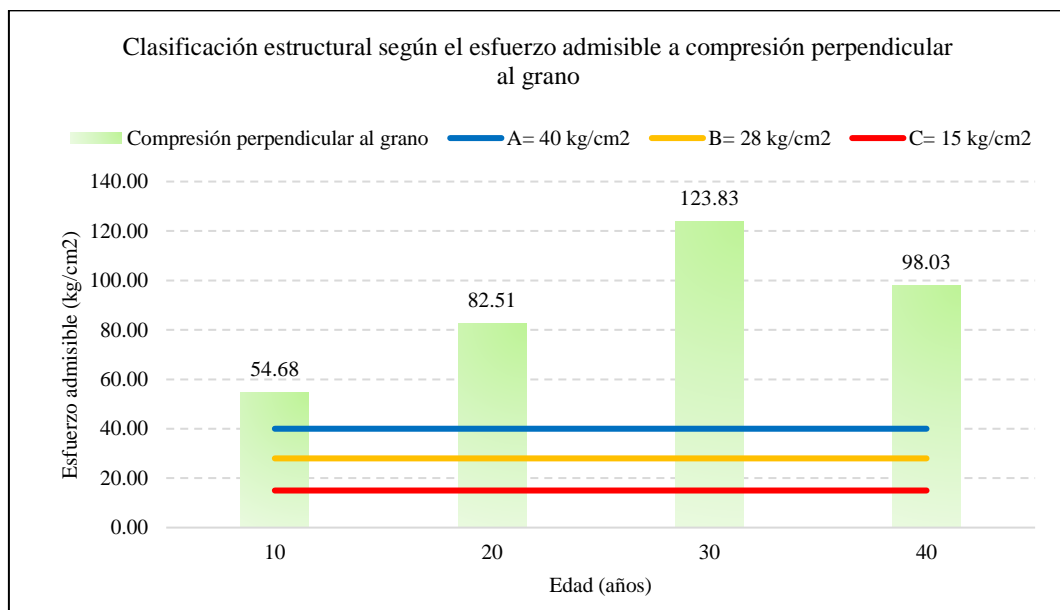


La madera sauce del centro poblado Cabracancha, a los 10, 20, 30 y 40 años según sus esfuerzos admisibles a compresión perpendicular al grano se clasifica dentro del grupo A (> 40 kg/cm²), según la norma E.010 (MVCS, 2021), superando al valor mínimo para el grupo A en 36.7, 106.275, 209.575 y 145.075. No obstante, a pesar de que los esfuerzos admisibles a compresión perpendicular al grado de la

madera sauce son considerablemente elevados, respecto a los valores normados en la E.010 (MVCS, 2021), la clasificación general de la madera de edades 20, 30 y 40 años es el GRUPO C, debido a que los esfuerzos admisibles a compresión paralela se encuentran dentro de este grupo de clasificación. Así mismo, cabe recalcar que, si bien la clasificación estructural de la madera no cambia respecto a la edad del árbol, a excepción de la madera de plantaciones de 10 años que no tiene grupo estructural, los esfuerzos admisibles a compresión perpendicular son mayores para las muestras generadas de árboles de 30 años, por lo que esta es la edad propicia para la tala de árboles y el uso estructural de la madera.

Figura 55.

Clasificación estructural según el esfuerzo admisible a compresión perpendicular al grano

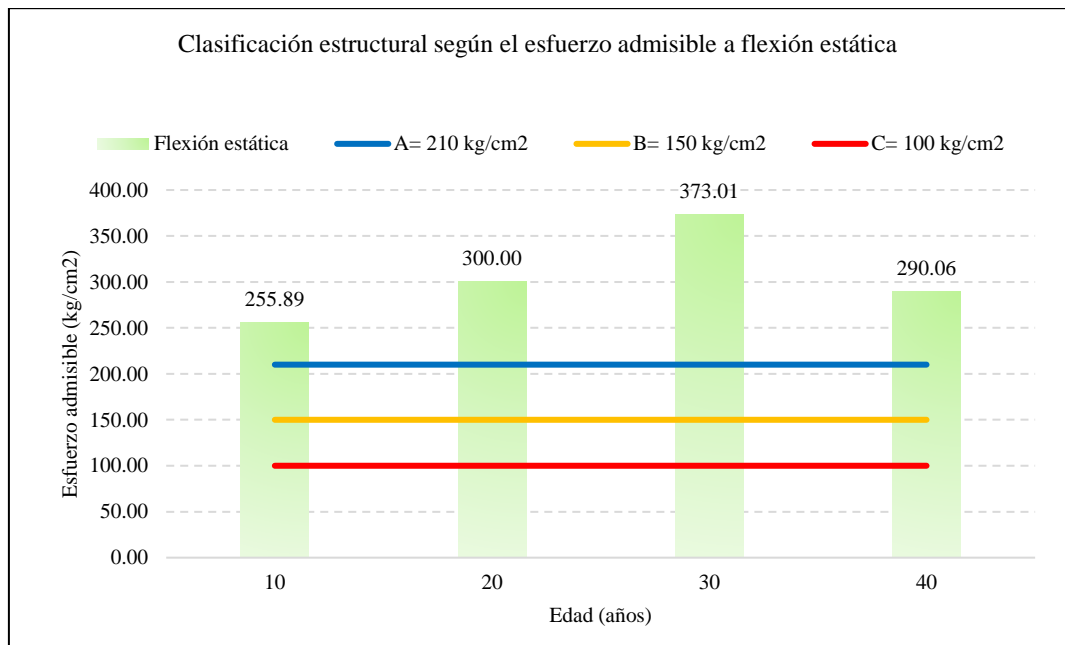


La madera sauce del centro poblado Cabracancha, a los 10, 20, 30 y 40 años según sus esfuerzos admisibles a flexión estática se clasifica dentro del grupo A (> 210 kg/cm²), según la norma E.010 (MVCS, 2021), superando al valor mínimo para la clasificación A en 21.85%, 42.86%, 77.62% y 38.12%. No obstante, a pesar de que los esfuerzos admisibles a flexión estática de la madera sauce son elevados,

respecto a los valores normados en la E.010 (MVCS, 2021), la clasificación general de la madera de edades 20, 30 y 40 años es el GRUPO C, debido a que los esfuerzos admisibles a compresión paralela de la madera se encuentran dentro de este grupo de clasificación estructural. Así mismo, cabe recalcar que, si bien la clasificación estructural de la madera no cambia respecto a la edad del árbol, a excepción de la madera de plantaciones de 10 años que no tiene grupo estructural, los esfuerzos admisibles a flexión estática de la madera sauce son mayores para las muestras generadas de árboles de 30 años, por lo que esta es la edad propicia para la tala de árboles y el uso estructural de la madera.

Figura 56.

Clasificación estructural según el esfuerzo admisible a flexión

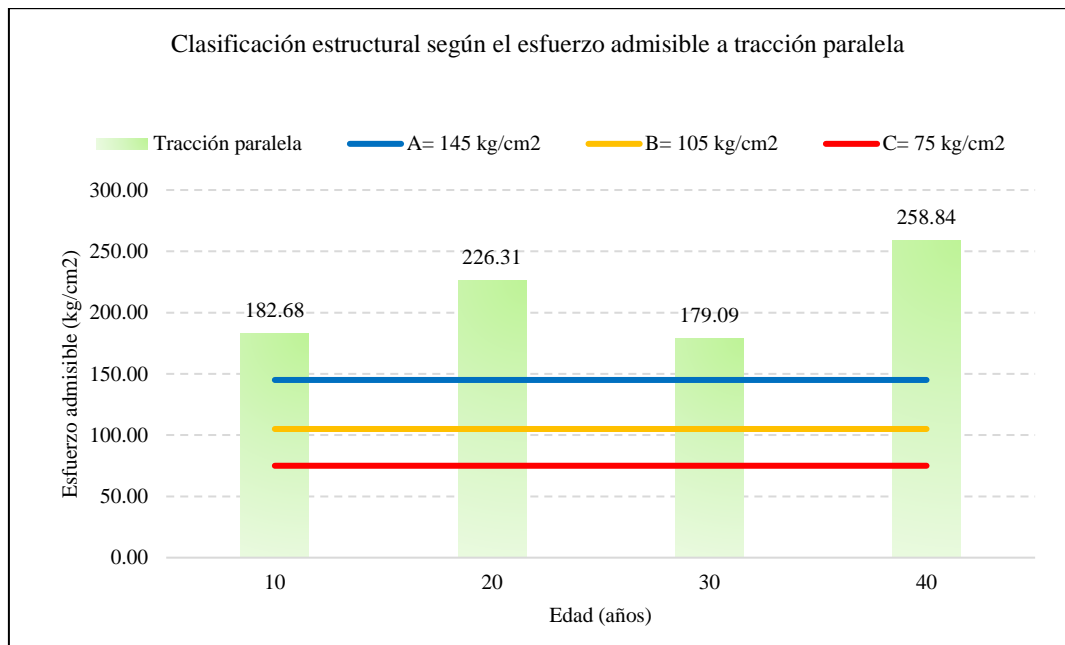


La madera sauce del centro poblado Cabracancho, a los 10, 20, 30 y 40 años según sus esfuerzos admisibles a tracción paralela se clasifica dentro del grupo A (> 145 kg/cm²), según la norma E.010 (MVCS, 2021), superando al valor mínimo para la clasificación A en 25.99%, 56.08%, 23.51% y 78.23%. No obstante, a pesar de que los esfuerzos admisibles a tracción paralela de la madera sauce son altos,

respecto a los valores normados en la E.010 (MVCS, 2021), la clasificación general de la madera de edades 20, 30 y 40 años es el GRUPO C, debido a que los esfuerzos admisibles a compresión paralela de la madera se encuentran dentro de este grupo de clasificación estructural. Así mismo, cabe recalcar que, si bien la clasificación estructural de la madera no cambia respecto a la edad del árbol, a excepción de la madera de plantaciones de 10 años que no tiene grupo estructural, los esfuerzos admisibles a tracción paralela de la madera sauce son mayores para las muestras generadas de árboles de 20 y 40 años, por lo que este rango de edad es propicia para la tala de árboles y el uso estructural de la madera.

Figura 57.

Clasificación estructural según el esfuerzo admisible a tracción paralela

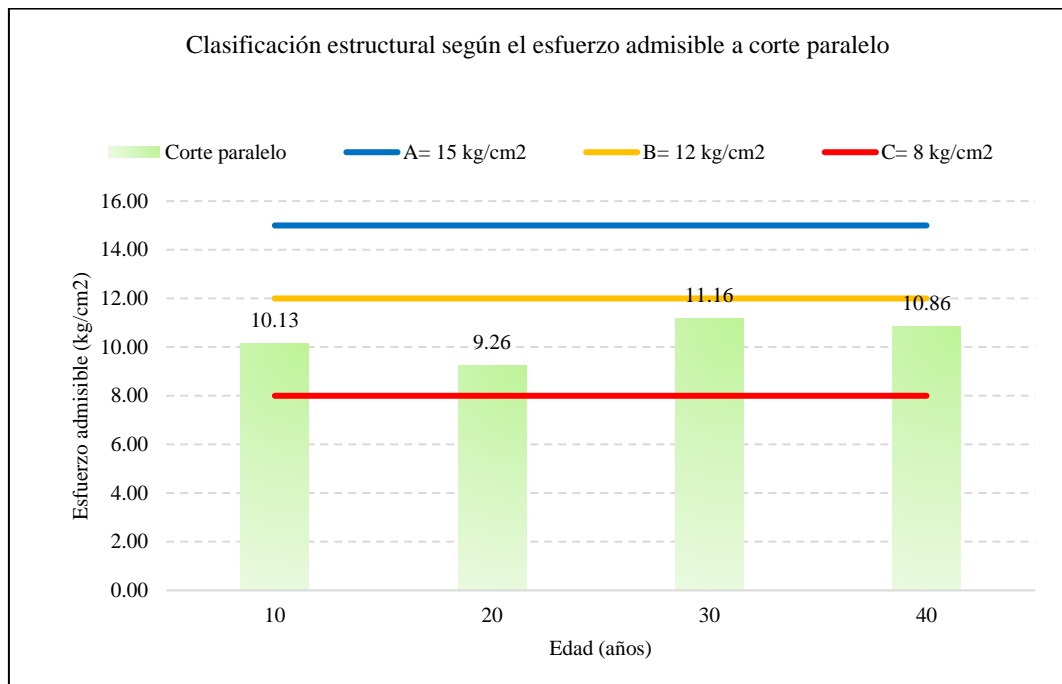


La madera sauce del centro poblado Cabracancha, a los 10, 20, 30 y 40 años según sus esfuerzos admisibles a corte paralelo se clasifica dentro del grupo C (> 8 kg/cm², pero menor a 12 kg/cm²), según la norma E.010 (MVCS, 2021) superando al valor mínimo para la clasificación C en 26.63%, 15.75%, 39.50% y 35.75%, respectivamente. Los esfuerzos admisibles a compresión paralela y a

coste paralelo no alcanzan el grupo de clasificación A o B, por tanto, la clasificación general de la madera de edades 20, 30 y 40 años es el GRUPO C. Así mismo, cabe recalcar que, si bien la clasificación estructural de la madera no cambia respecto a la edad del árbol, a excepción de la madera de plantaciones de 10 años que no tiene grupo estructural, los esfuerzos admisibles a corte paralelo de la madera Sauce son mayores para las muestras generadas de árboles de 30 años, por lo que esta es la edad propicia para la tala de árboles y el uso estructural de la madera.

Figura 58.

Clasificación estructural según el esfuerzo admisible a corte paralelo



5.1.3.5. Agrupamiento de la madera

La madera sauce del centro poblado Cabracancha del distrito de Chota, alcanza valores promedio de densidad básica, módulo de elasticidad y esfuerzos admisibles para formar parte del grupo C según la norma E.010 “Madera” (MVCS, 2021).

5.2. Análisis, interpretación y discusión de resultados

Las propiedades mecánicas de la madera sauce del centro poblado Cabracancha, del distrito de Chota, varían según la edad del árbol (Tabla 56), tal como afirman Dahle et al. (2017), la resistencia se incrementa con la edad de madurez del árbol, no obstante, la resistencia disminuye cuando las muestras pasan los 30 años tal como argumenta Espinoza (2018).

La mayor resistencia promedio a compresión paralela al grano de la madera sauce es 223.57 kg/cm², resistencia similar a la madera Cedrela odorata con 216.89 kg/cm² (Segura-Elizondo, 2019), pero superior a la madera Zapote con 115.55 kg/cm² (Barrientos y Luza, 2018) y a la madera Cordia alliodora con 154.69 kg/cm² (Fernández, et al., 2019), sin embargo, inferior a la madera Quinilla que alcanza una resistencia de 574.85 kg/cm² (López, 2021) y a la madera eucalipto globulus con 437.31 kg/cm² (Cabanillas, 2019). La mayor resistencia promedio a compresión perpendicular al grano de la madera sauce es 198.13 kg/cm², resistencia similar a la madera Quinilla con 192.70 kg/cm² (López, 2021), pero superior a la madera Bactris Gasipaes con 103.27 kg/cm² (Guarderas, 2018), a la madera Zapote con 45.15 kg/cm² (Barrientos y Luza, 2018), a la madera Cordia alliodora con 24.07 kg/cm² (Fernández, et al., 2019), y a la madera eucalipto globulus con 73.15 kg/cm² (Cabanillas, 2019). La mayor resistencia promedio a flexión estática de la madera sauce es 1,191.57 kg/cm², resistencia superior a la madera Zapote con 221.98 kg/cm² (Barrientos y Luza, 2018), a la madera Cordia alliodora con 256.61 kg/cm² (Fernández, et al., 2019), y a la madera eucalipto globulus con 641.61 kg/cm² (Cabanillas, 2019). La mayor resistencia promedio a tensión perpendicular de la madera sauce es 43.11 kg/cm², y la mayor resistencia promedio a tracción paralela de la madera es 1,035.34 kg/cm², resistencia similar

a la madera Bactris Casipaes con 1,256.70 kg/cm² (Guarderas, 2018), pero superior a la madera de Cedrela odorata con 391.67 kg/cm² (Segura-Elizondo, 2019). La mayor resistencia promedio a cizallamiento de la madera sauce es 44.64 kg/cm², resistencia similar a la madera de Cordia alliodora con 52.77 kg/cm², superior a la madera zapote con 20.83 kg/cm² (Barrimentos y Luza), pero inferior a la madera de Cedrela Odorata con 88.51 kg/cm² (Segura-Elizondo, 2019), y a la madera Quinilla con 123.43 kg/cm² (López, 2021).

Algunas propiedades mecánicas de la madera sauce del centro poblado Cabracancha, distrito de Chota, son superiores a los de otras maderas, otros parámetros mecánicos tienen valores similares, y en ocasiones maderas de otras especies forestales presentan parámetros mecánicos superiores a los de la madera sauce, pero en general, la madera sauce del centro poblado Cabracancha presenta una buena resistencia a compresión paralela al grano, compresión perpendicular al grano, flexión estática, tracción paralela, tensión perpendicular y cizallamiento paralelo, capaz de competir con otras maderas industriales para su uso estructural como pilares, viguetas, tijerales, paneles u otros materiales de ingeniería, tal como lo confirma Li, et al. (2017).

Tabla 56.

Propiedades mecánicas de la madera sauce según edad del árbol

Resistencia máxima (kg/cm ²)	Edad (años)			
	10	20	30	40
Compresión paralela al grano	83.14	185.16	223.57	207.07
Compresión perpendicular al grano	87.49	132.01	198.13	156.85
Flexión estática	817.42	958.34	1191.57	926.59
Tracción paralela	730.73	905.23	716.36	1035.34
Tensión perpendicular	36.82	36.78	43.11	38.29
Cizallamiento paralelo	40.53	37.04	44.64	43.46

Los esfuerzos admisibles a compresión paralela al grano, compresión perpendicular al grano, flexión y cizallamiento o corte paralelo al grano de la madera sauce del centro poblado Cabracancha, son mayores para las muestras obtenidas de árboles de 30 años, a excepción de los esfuerzos admisibles a tracción paralela donde los árboles de 40 años obtienen resultados superiores. Segura-Elizondo (2019), argumenta que la madera cambia sus propiedades según la edad del árbol y según el sistema constructivo validando los resultados alcanzados, así mismo, Fernández, et al. (2019), estudio árboles de 5, 15 y 20 años de edad, comprobando que a mayor edad, mayores esfuerzos admisibles, no obstante, le faltó investigar mayores rangos de edad, porque según el presente estudio las propiedades alcanzan un punto máximos en los especímenes elaborados con árboles de 30 años y luego empieza a decaer la resistencia. Espinoza (2018) determinó que la madera con 25 años de madurez estructural presenta mejores propiedades, rango similar al alcanzado en la presente investigación donde se considera como la edad más adecuada para la tala de árboles de sauce en el centro poblado de Cabracancha la edad de 30 años, o en defecto se recomienda buscar especímenes que oscilen entre los 25 a 35 años, para garantizar madera con mejores propiedades mecánicas.

Tabla 57.

Esfuerzos admisibles de la madera sauce según edad del árbol

Esfuerzos admisibles (kg/cm ²)	Edad (años)			
	10	20	30	40
Compresión paralela al grano	37.81	80.50	97.21	90.03
Compresión perpendicular al grano	54.68	82.51	123.83	98.03
Flexión	255.89	300.00	373.01	290.06
Tracción paralela	182.68	226.31	179.09	258.84
Cizallamiento paralelo	10.13	9.26	11.16	10.86

La madera sauce del centro poblado Cabracancha de 30 años presenta mayores esfuerzos admisibles, por tanto, la clasificación en relación con la norma E.010 (MVCS, 2021), se ha realizado con estos valores, mismos que ascienden a 97.21, 123.83, 373.01, 179.09 y 11.16 kg/cm² para los esfuerzos admisibles a compresión paralela al grano, compresión perpendicular al grano, flexión, tracción paralela y corte paralelo, respectivamente. Los esfuerzos admisibles a compresión perpendicular al grano, flexión y tracción paralela superan el valor mínimo del grupo A, pero los esfuerzos admisibles a compresión paralela al grano y corte paralelo solo superan los valores mínimos del grupo C, Bacon y Díaz (2016) determinaron que la madera pino radiata de la ciudad de Cajamarca se clasifica en el grupo estructural C, tal como la madera sauce analizada en el presente estudio, en cambio, López (2018) determinó que la madera Cachimbo colorado y Capriona pertenecen al grupo estructural B, a pesar que la madera sauce presenta algunos esfuerzos admisibles superiores a estas maderas, no puede tener una clasificación mayor porque tiene propiedades en la clasificación C, por tanto, la madera sauce del centro poblado Cabracancha, se clasifica según la norma E.010 (MVCS, 2021) dentro del GRUPO ESTRUCTURAL C.

Tabla 58.

Clasificación de la madera sauce de 30 años

Clasificación según esfuerzos admisibles (kg/cm ²)	Madera de 30 años de edad	Clasificación norma E.010 (MVCS, 2021)		
		A	B	C
Compresión paralela al grano	97.21	145	110	80
Compresión perpendicular al grano	123.83	40	28	15
Flexión	373.01	210	150	100
Tracción paralela	179.09	145	105	75
Corte paralelo	11.16	15	12	8

5.3. Contrastación de hipótesis

El análisis estadístico de la varianza (ANOVA) se realizó mediante el software Minitab 19, con el fin de aceptar la hipótesis nula (H_0) o aceptar la hipótesis alternativa (H_1). Si el valor-p (probabilidad) es menor que el nivel de significancia (0.05) se rechaza H_0 , pero si el valor-p es mayor que el nivel de significancia se acepta H_0 . El modelo estadístico que más se ajusta a los datos es el modelo lineal general, y las hipótesis que analizaremos son las siguientes:

- H_0 : No existe diferencia significativa entre los esfuerzos admisibles de la madera el Sauce del centro poblado Cabracancha, del distrito de Chota, en relación con la edad de madurez del árbol.
- H_1 : Existe diferencia significativa entre los esfuerzos admisibles de la madera el Sauce del centro poblado Cabracancha, del distrito de Chota, en relación con la edad de madurez del árbol.

Los datos utilizados en el análisis estadístico fueron los esfuerzos admisibles de la madera el Sauce del centro poblado Cabracancha, según edad de madurez del árbol (Tabla 59). Por tanto, la variable independiente y factor de análisis es la edad (años): 10, 20, 30 y 40 años, y la variable dependiente serán los esfuerzos admisibles por compresión paralela, compresión perpendicular, flexión estática, tracción y corte paralelos.

Tabla 59.*Esfuerzos admisibles de la madera sauce según edad, para análisis ANOVA*

Probeta	Edad (años)	Esfuerzos admisibles (kg/cm ²)				
		Compresión paralela	Compresión perpendicular	Flexión estática	Tracción paralela	Corte paralelo
M1E1a	10	38.32	49.31	249.91	229.24	9.04
M2E1b	10	39.30	60.27	271.33	161.44	11.52
M3E1c	10	35.82	54.46	246.42	157.37	9.84
M1E2a	20	76.90	73.69	292.63	226.03	9.33
M2E2b	20	84.79	95.34	317.69	240.95	10.17
M3E2c	20	79.82	78.48	289.69	211.95	8.28
M1E3a	30	96.93	112.52	354.75	228.29	10.83
M2E3b	30	104.04	166.78	400.39	131.77	11.01
M3E3c	30	90.65	92.19	363.91	177.21	11.63
M1E4a	40	84.95	121.38	295.22	335.17	9.91
M2E4b	40	89.59	86.37	283.49	189.42	11.08
M3E4c	40	95.55	86.34	291.47	251.91	11.60

En la tabla 60, el valor-p para los esfuerzos admisibles compasión paralela al grano y flexión estática es 0.00, así mismo, el valor-p para los esfuerzos admisibles a compresión perpendicular al grano es 0.032, valores menores que el valor de significancia de 0.05, por tanto, se rechaza la hipótesis nula (H₀) y se acepta la hipótesis alternativa (H₁); entonces se puede aseverar que si hay diferencia significativa en las mediciones de esfuerzo admisible a compresión paralela, compresión perpendicular y flexión estática de la madera sauce según edad de madurez del árbol. El valor-p para los esfuerzos admisibles a tracción y corte paralelos son respectivamente 0.221 y 0.132, valores mayores que el valor de significancia de 0.05, por tanto, se acepta la hipótesis nula (H₀) y se rechaza la hipótesis alternativa (H₁); entonces se puede aseverar que no hay diferencia significativa en las mediciones de esfuerzo admisible a tracción y corte paralelos de la madera sauce según edad de madurez del árbol. Se concluye que el esfuerzo

admisible a compresión paralela, compresión perpendicular y flexión estática de la madera sauce del centro poblado Cabracancha se ve afectado por la edad del árbol, más el esfuerzo admisible a tracción y corte paralelos de la madera no se ve afectado por la edad del árbol.

Tabla 60.

Análisis de varianza ANOVA de los esfuerzos admisibles de la madera sauce según edad

ANOVA del esfuerzo admisible según edad del árbol	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Compresión paralela al grano	3	6373.3	2124.44	92.15	0.000
Compresión perpendicular al grano	3	7537	2512.3	4.89	0.032
Flexión estática	3	21857	7285.8	28.09	0.000
Tracción paralela	3	13021	4340	1.82	0.221
Corte paralelo	3	6.468	2.1560	2.52	0.132

En la Tabla 49, R-cuadrado para el esfuerzo admisible a compresión paralela al grano, flexión estática y compresión perpendicular al grano es igual a 97.19%, 91.33% y 64.71%, lo que indica una alta confiabilidad de los resultados obtenidos y que el modelo estadístico se ajusta a los datos, además se puede usar el modelo para hacer generalizaciones más allá de los datos de la muestra, en cambio, el R-cuadrado para el esfuerzo admisible a tracción paralela y corte paralelo es 40.62% y 48.60% respectivamente, lo que indica una confiabilidad moderada de los resultados obtenidos, por parte el modelo estadístico se ajusta a los datos, pero no se puede utilizar para realizar generalizaciones más allá de los datos de la muestra.

Tabla 61.

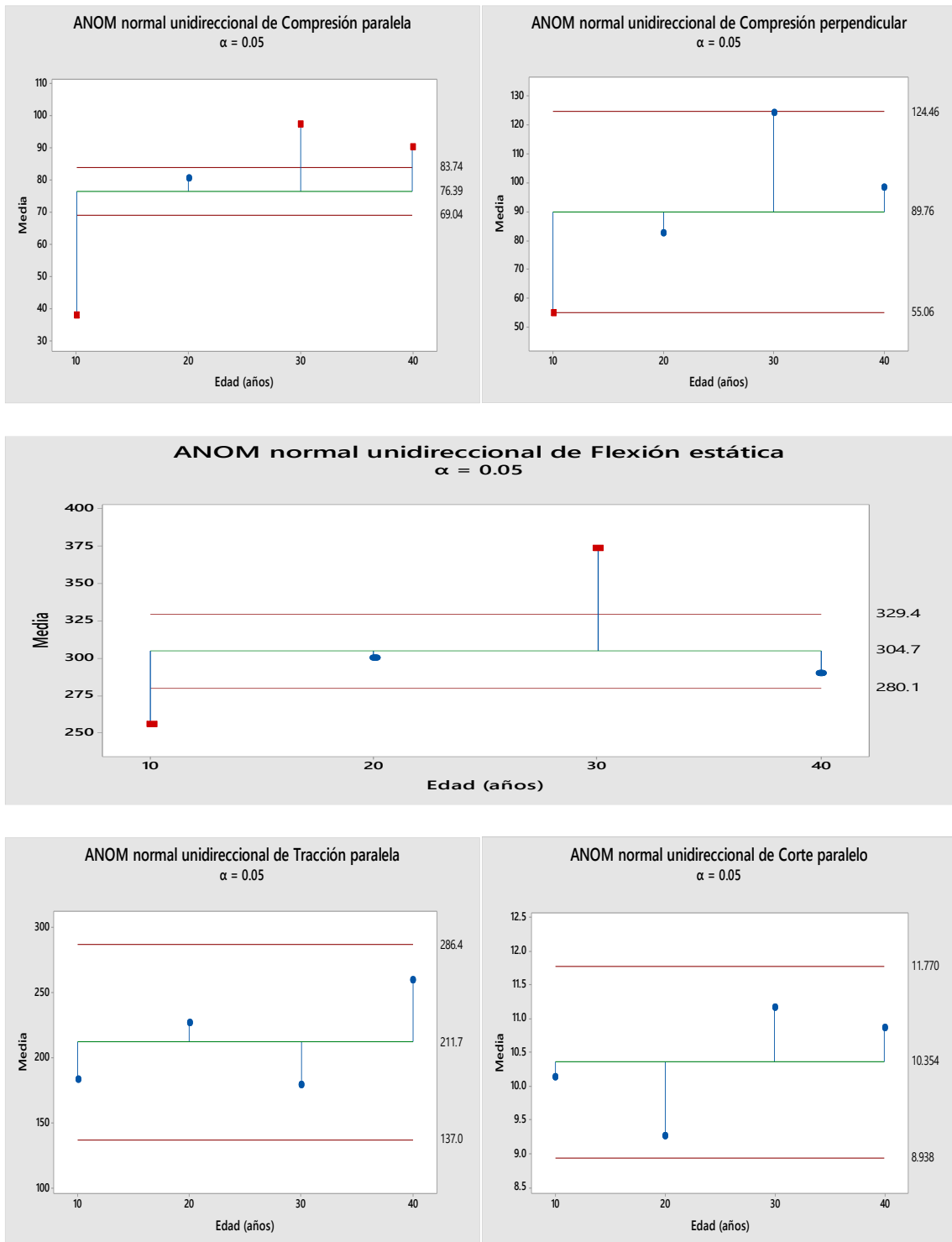
Resumen del modelo para los esfuerzos admisibles de la madera sauce según edad

Resumen del modelo del esfuerzo admisible según edad del árbol	S	R-cuad	R-cuad (ajustado)	R-cuad (pred)
Compresión paralela al grano	4.80135	97.19%	96.13%	93.67%
Compresión perpendicular al grano	22.6662	64.71%	51.48%	20.60%
Flexión estática	16.1049	91.33%	88.08%	80.49%
Tracción paralela	48.7799	40.62%	18.35%	0.00%
Corte paralelo	0.924733	48.60%	29.32%	0.00%

En la figura 59, se muestra la variación de los esfuerzos admisibles de la madera sauce del centro poblado Cabracancha según edad del árbol, se muestra como la compresión paralela, compresión perpendicular y flexión estática incrementan sus valores promedio conforme aumenta la edad del árbol de 10 a 30 años pero luego decaen para la madera de árboles de 40 años; también se observa que la tracción paralela al grano presenta una variación de esfuerzos admisibles irregular donde aumenta su valor de 10 a 20 años, luego disminuye para 30 años y vuelve a aumentar para la madera de 40 años; comportamiento similar al del esfuerzo admisible al corte paralelo con la diferencia de que los valores decaen entre 10 a 20 años de edad del árbol, pero luego incrementan significativamente para la madera de 30 años de edad, no obstante, el esfuerzo al corte paralelo vuelve a disminuir para las muestras de madera de 40 años de edad. En la Figura 59, se puede observar cómo los esfuerzos admisibles a compresión paralela, compresión perpendicular y flexión estática se ven afectadas por la edad del árbol, y cómo los esfuerzos admisibles a tracción y corte paralelos de la madera no se ven afectados por la edad del árbol.

Figura 59.

Variación de los esfuerzos admisibles de la madera sauce según edad del árbol



CONCLUSIONES

Al determinar las propiedades mecánicas y los esfuerzos admisibles de la madera sauce “*Salix alba*” en relación con su edad, sembrada en los bosques aledaños al centro poblado Cabracancha del distrito de Chota, se llegó a las siguientes conclusiones:

- 1) Propiedades mecánicas: resistencia a la compresión paralela al grano (83.14, 185.16, 223.57, 207.07 kg/cm²); compresión perpendicular al grano (87.49, 132.01, 198.13, 156.85 kg/cm²); flexión estática (817.42, 958.34, 1,191.57, 926.59 kg/cm²); tracción paralela (730.73, 905.23, 716.36, 1,035.34 kg/cm²); tensión perpendicular (36.82, 36.78, 43.11, 38.29 kg/cm²) y cizallamiento paralelo (40.53, 37.04, 44.64, 43.46 kg/cm²), para árboles de 10, 20, 30 y 40 años, respectivamente.
- 2) Esfuerzos admisibles: compresión paralela al grano (37.81, 80.50, 97.21, 90.03 kg/cm²); compresión perpendicular al grano (54.68, 82.51, 123.83, 98.03 kg/cm²); flexión estática (255.89, 300.00, 373.01, 290.06 kg/cm²); tracción paralela (182.68, 226.31, 179.09, 258.84 kg/cm²) y corte paralelo (10.13, 9.26, 11.16, 10.86 kg/cm²), para árboles de 10, 20, 30 y 40 años, respectivamente.
- 3) La madera sauce “*Salix alba*” que mayores valores arroja, tanto en sus propiedades mecánicas como en sus esfuerzos admisibles, corresponde a la madera cuya edad se centra en los 30 años aproximadamente, por lo que, conforme a la Norma E 010, se le clasifica en el grupo estructural “C”.

RECOMENDACIONES

- Continuar estudiando in situ, el comportamiento estructural de la madera sauce “Salix alba” utilizada en las construcciones de viviendas rurales del ámbito de la provincia de chota.
- Identificar las propiedades mecánicas elásticas de la madera sauce “Salix alba” utilizada en la construcción de viviendas, en distintos pisos altitudinales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, J. y Guzowski, E. (2011). *Materiales y materias primas: Madera*. Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología – Instituto Nacional de Educación Tecnológica.
- Bacón, C. y Díaz W. (2016.) *Determinación de los esfuerzos admisibles de la madera de pino radiata para el diseño de elementos estructurales para viviendas en Cajamarca*. [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo].
- Barrientos, L.R., y Luza, R.G. (2018). *Determinación de las propiedades físico mecánicas de la madera zapote procedente de Puerto Maldonado para la identificación de sus posibles usos estructurales según la norma técnica peruana E. 010*. [Tesis de grado, Universidad Andina del Cuzco]. <https://hdl.handle.net/20.500.12557/2501>
- Barton-Pudlik, J., & Czaja, K. (2018). Fast-growing willow (*Salix viminalis*) as a filler in polyethylene composites. *Composites Part B: Engineering*, 143, 68-74.
- Bozzi, J.A., Marchelli, P., & Gallo, L.A. (2014). Sauce criollo: una especie nativa amenazada en Patagonia. *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*, 62(11), 29-33. ISSN: 0326-7040. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/40749>
- Cabanillas, E.C. (2019). *Comparación de las propiedades físicas y mecánicas del Eucalyptus Globulus extraído de Huambocancha y el triunfo – Cajamarca, 2018*. [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11537/23083>
- Campos, R.M. (2007). *Madera*. [Trabajo de grado, Universidad Nacional de Ingeniería].
- Chahal, A., Ciolkosz, D., Puri, V., Jacobson, M., & Liu, J. (2021). Mechanical characteristics of wood-bark interface of shrub willow. *Industrial Crops and Products*, 162, 113236. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.113236>
- Chávez, M. (2021, 05 de abril). Perú y el mercado internacional de maderas que puede aprovechar. Revista La Cámara. <https://lacamara.pe/peru-y-el-mercado-internacional-de-maderas-que-puede-aprovechar/>
- Cordova, J.L. (2018). *Influencia de la edad de los árboles en la calidad de la plantación de shihuahuaco (dipteryx odorata aublet willd), ubicado en el distrito de Campo Verde, provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Forestal, Universidad Nacional de Ucayali]. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/3580>

- Dahle, G. A., James, K. R., Kane, B., Grabosky, J. C., & Detter, A. (2017). A review of factors that affect the static load-bearing capacity of urban trees. *Arboriculture & Urban Forestry*, 43(3), 89-106.
- da Silva, C. B. R., dos Santos Junior, J. A., Araújo, A. J. C., Sales, A., Siviero, M. A., Andrade, F. W. C., ... & de Lima Melo, L. E. (2020). Properties of juvenile wood of *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (paricá) under different cropping systems. *Agroforestry Systems*, 94(2), 583-595.
- Dezzotti, A., Sbrancia, R. E., Attis Beltrán, H., Velásquez, A., & Mortoro, A. (2020). Aspectos históricos, ecológicos y sociales asociados a *Salix humboldtiana* en la ribera del río Agrio en la Patagonia Argentina. *Ciencia e Investigación Forestal INFOR*, 26(2), 45-68.
- Dou, J. (2018). *Fractionation of willow bark for combined production of extracts and fiber bundles*. [Doctoral dissertations, Aalto University].
- Dou, J., Kim, H., Li, Y., Padmakshan, D., Yue, F., Ralph, J., & Vuorinen, T. (2018). Structural characterization of lignins from willow bark and wood. *Journal of agricultural and food chemistry*, 66(28), 7294-7300.
- Espinoza, G.G. (2018). *Estudio de la influencia de la edad del árbol en las propiedades mecánicas de la madera eucalipto en el distrito Bambamarca, Cajamarca – 2018*. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo].
- Fernández, F., León, J., Huaccha, A., & Aguirre, F. (2019). Propiedades organolépticas, físicas y mecánicas de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken de parcelas agroforestales en Jaén, Cajamarca. *Revista Científica Pakamuros*, 7(1), 80-91. <https://doi.org/10.37787/pakamuros-unj.v7i1.78>
- González, S. V. (2015). *Estrategias comunitarias alternativas para la prevención de la tala de árboles en el barrio Santuario de la comuna Manantial de Colonche, parroquia Colonche año 2015*. [Tesis de grado, Universidad Estatal Península de Santa Elena de Ecuador].
- Guarderas, D.A. (2018). Caracterización del módulo de elasticidad estático y dinámico de la madera *Bactris Gasipaes* (Chonta) de Ecuador. [Tesis de grado para optar por el título de Ingeniero mecánico, Universidad de las Fuerzas Armadas de Ecuador]. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/14795>
- Hernández-Sampieri, R., Fernández, C., Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. Mc Graw Hill.

- Hobisch, M. A., Phiri, J., Dou, J., Gane, P., Vuorinen, T., Bauer, W., & Spirk, S. (2020). Willow bark for sustainable energy storage systems. *Materials*, 13(4), 1016.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (INEI, 2018). *Perú: Características de las viviendas particulares y los hogares. Acceso a servicios básicos*. INEI.
- Li, N., Bao, M., Chen, Y., Zhang, Y., Bao, Y., & Yu, W. (2017). Influence of density on properties of compressed weeping willow (*Salix babylonica*) wood panels. *Forest Products Journal*, 67(1-2), 44-49. <https://doi.org/10.13073/FPJ-D-16-00018>
- López, B.J. (2021). *Propiedades físicas y mecánicas de la madera "Quinilla" Manilkara Bidentata como material de construcción en estado verde, Iquitos 2019*. [Tesis de grado, Universidad Científica del Perú].
- López, D. A. (2018). *Determinación de valores admisibles para el diseño estructural con madera seca de especies Cachimbo Colorado y Capirona*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Ingeniería]. <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/14799>
- Maromi, I. (2010). *Norma E 010 Madera*. Lima, Perú. Ministerio de vivienda Construcción y Saneamiento.
- Méndez, E. (2012). Revisión del género *Salix* (Salicaceae) en la Provincia de Mendoza, Argentina. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 44(2), 157-192.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (MVCS, 2021). *Norma E.010 "Madera". Reglamento Nacional de Edificaciones*. MVCS.
- Moore, J. R., & Cown, D. J. (2017). Corewood (juvenile wood) and its impact on wood utilisation. *Current Forestry Reports*, 3(2), 107-118.
- Municipalidad Provincial de Chota, MPCH. (2018). Plan de desarrollo urbano PDU – Chota. MPCH.
- Muñoz F. (2008). Secado de la madera aserrada. *Kurú revista forestal*, 5(13), 1-6.
- NTP 251. 008. (2016). *Madera y carpintería para construcción. Selección y colección de muestras*. Instituto Nacional de Calidad – INACAL.
- NTP 251.009. (2016). *Madera y carpintería para construcción. Acondicionamiento de las maderas destinadas a los ensayos físicos y mecánicos. 2ª Edición*. Lima Perú.
- NTP 251. 010. (2020). *Madera. Métodos para determinar el contenido de humedad. 4ª Edición*. Instituto Nacional de Calidad – INACAL.
- NTP 251.013. (2015). *Madera. Método para determinar el cizallamiento paralelo al grano*. Instituto Nacional de Calidad – INACAL.

- NTP 251.014. (2020). *Madera. Método para determinar la compresión axial o paralela al grano. 4ª Edición*. Instituto Nacional de Calidad – INACAL.
- NTP 251.016. (2015). *Madera. Método para determinar la compresión perpendicular al grano. 3ª Edición*. Instituto Nacional de Calidad – INACAL.
- NTC 251.017. (2014). *Madera. Método para determinar la flexión estática. 3ª Edición*. Instituto Nacional de Calidad – INACAL.
- NTP 251.085. (2017). *Maderas. Determinación de la tensión paralela a las fibras*. Instituto Nacional de Calidad – INACAL.
- NTP 251.086. (2015). *Madera. Determinación de la tensión perpendicular a la fibra*. Instituto Nacional de Calidad – INACAL.
- Ordoñez, P.K. y Lugo, Y.K. (2016). *Estructuras de madera aplicada al sector de la construcción en Perú*. [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Perú].
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (FAO, 2018). *La Industria de la Madera en el Perú*. FAO. ISBN: 978-92-5-130110-4. <http://www.fao.org/3/i8335es/I8335ES.pdf>
- Ospina, C.M.; Hernández, R.J., Gómez, D.E., Godoy, J.A., Aristizábal, F.A., Patiño, J.N. y Medina, J.A. (2005). *Guías silviculturales para el manejo de especies forestales con miras a la producción de madera en la zona andina colombiana: El Aliso o Cerezo, *Alnus acuminata* H.B.K. ssp *acuminata**. Colombia: FNC- Cenicafé.
- Prasetyo, A., Aiso, H., Ishiguri, F., Wahyudi, I., Wijaya, I. P. G., Ohshima, J., & Yokota, S. (2017). Variations on growth characteristics and wood properties of three Eucalyptus species planted for pulpwood in Indonesia. *Tropics*, 26(2), 59-69.)
- Provoste, F.H. (2004). *Descripción técnica y económica de un sistema de cosecha tradicional de Eucalyptus sp. con la incorporación de descortezado mecánico en la X Región*. [Tesis de grado, Universidad Austral De Chile].
- Ramage, M. H., Burr ridge, H., Busse-Wicher, M., Fereday, G., Reynolds, T., Shah, D. U., ... & Scherman, O. (2017). The wood from the trees: The use of timber in construction. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, 333-359.
- Salvador, M. (2010). *Protocolo de campo para la selección y colección de muestras para la caracterización anatómica y de propiedades físicas, mecánicas, químicas y tecnológicas de la madera*. Asociación para la Investigación y Desarrollo Integral.
- Santiago, P., Guevara, C. y Espinoza, M. (2013). *Manual de transformación de la madera*. Asociación para la Investigación y Desarrollo Integral, y Organización Internacional de la Maderas Tropicales.

- Segura-Elizondo, B. (2019). *Propiedades de la madera de Cedrela odorata de nueve y diez años en un SAF con Theobroma cacao, comparado con una plantación pura de diez años. Turrialba, Costa Rica*. [Tesis de grado, Instituto Tecnológico de Costa Rica]. <https://hdl.handle.net/2238/10853>
- Silva, C.A. (2017). *Estudio de maderas en acabados interiores y mobiliario para conjuntos habitacionales en Ambato*. [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato, Colombia]. <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/26750>
- Tucu, D. (2014). The behavior of willow stems by cutting in nurseries. In *Proceedings of the 42nd International Symposium on Agricultural Engineering, Actual Tasks on Agricultural Engineering, Opatija, Croatia, 25-28 February, 2014* (pp. 405-413). University of Zagreb Faculty of Agriculture.
- Tyśkiewicz, K., Konkol, M., Kowalski, R., Rój, E., Warmiński, K., Krzyżaniak, M., & Stolarski, M. J. (2019). Characterization of bioactive compounds in the biomass of black locust, poplar and willow. *Trees*, 33(5), 1235-1263
- Valdez, R.H., Fernández, R.R., León, M.A., Cecilia, N., & Álvarez, D.A. (2019). Análisis de la rugosidad superficial de diferentes maderas en las provincias de Pinar del Río y Artemisa, Cuba. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 7(1), 1-16.
- Walpole, R.E., Myers, R.H., Myers, S.L. & Yen, K. (2012). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias* (9na ed.). Pearson educación – México.

ANEXOS

Anexo N° 1. Matriz de consistencia

Tesis: Determinación de los esfuerzos admisibles de la madera sauce “*Salix alba*” en relación con su edad su edad, C.P. Cabracancha, Chota, 2020

Tesisista: Darwin Jhohan Burga Barboza

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variable	Dimensión	Metodología	
<p>¿Cuáles serán los esfuerzos admisibles de la madera el sauce “<i>Salix alba</i>” con relación a su edad, sembrados en los bosques aledaños al centro poblado Cabracancha del distrito de Chota?</p>	Objetivo general			Propiedades	<p>Enfoque de la investigación: cuantitativo</p> <p>Tipo de investigación: Correlacional</p> <p>Diseño de investigación: Experimental</p>	
	Determinar los esfuerzos admisibles de la madera sauce “ <i>Salix alba</i> ” del centro poblado Cabracancha del distrito de Chota,” en relación con su edad.			Variable dependiente		mecánicas de la madera en estado verde
	Objetivos específicos			Esfuerzos admisibles de la madera		Esfuerzos admisibles
	<ul style="list-style-type: none"> – Determinar las propiedades mecánicas: compresión paralela, compresión perpendicular, cizallamiento, flexión estática, tensión paralela y tensión perpendicular a las fibras, de la madera el sauce del centro poblado Cabracancha, obtenida a partir de árboles de 10, 20, 30 y 40 años. – Determinar los esfuerzos admisibles a compresión paralela, compresión perpendicular, flexión estática, tensión paralela y corte paralelo de la madera el sauce del centro poblado Cabracancha, obtenida a partir de árboles con 10, 20 30 y 40 años de madurez. 			de la madera el Sauce “ <i>Salix alba</i> ” del centro poblado Cabracancha, del distrito de Chota, en relación a la edad de madurez del árbol.		Clasificación de la madera
			Variable independiente	Descripción de la plantación		
			Edad del árbol	Edad de madurez de la plantación		

Anexo N° 2. Panel fotográfico

Fotografía 1. Arboleda de sauce en el centro poblado Cabracancha



Fotografía 2. Proceso de aserrado de la madera sauce



Fotografía 3. Proceso de aserrado de la madera para elaboración de probetas



Fotografía 4. Muestras para ensayos de laboratorio



Fotografía 5. Muestras para ensayos de laboratorio



Fotografía 6. Realización de ensayos de laboratorio para madera en la Universidad Nacional de Trujillo



Fotografía 7. Realización de ensayos de laboratorio para madera en el laboratorio de Chiclayo



Anexo N° 3. Documentación



Tesis: Evaluación de la influencia de la edad del árbol en los esfuerzos admisibles de la madera el sauce, C.P. Cabracancha, Chota

Autor(a): Darwin Jhohan Burga Barboza

Chota, 01 de julio del 2019

ING. LUIS ALBERTO BALLENA RENTERÍA
Coordinador de la facultad de ciencias de la ingeniería
Universidad Nacional Autónoma de Chota.

Presente. -

Tengo el agrado de dirigirme a Usted, con la finalidad de hacer de su conocimiento que el joven Burga Barboza Darwin Jhohan, identificado con código universitario 2015052003, estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Autónoma de Chota. Ha comunicado el interés de evaluar el material de la arboleda de sauce del C.P. Cabracancha, Chota como parte del desarrollo de su proyecto de investigación denominado "Evaluación de la influencia de la edad del árbol en los esfuerzos admisibles de la madera el sauce, C.P. Cabracancha, Chota".

En tal sentido, yo ROSA FLORE BARBOZA LOPEZ

identificado con DNI 27 42 33 14, en calidad de propietario de la arboleda de sauce en el C.P de Cabracancha, admito y acepto que se le dará las facilidades necesarias para la exploración, muestreo y toma de muestras del material.

Aprovecho la oportunidad para expresarle mi consideración y estima personal.

Atentamente.



ROSA FLORE BARBOZA LOPEZ
DNI: 27 42 33 14

Chota, 01 de julio del 2019

ING. LUIS ALBERTO BALLENA RENTERÍA

Coordinador de la facultad de ciencias de la ingeniería

Universidad Nacional Autónoma de Chota.

Presente. -

Tengo el agrado de dirigirme a Usted, con la finalidad de hacer de su conocimiento que el joven Burga Barboza Darwin Jhohan, identificado con código universitario 2015052003, estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Autónoma de Chota. Ha comunicado el interés de evaluar el material de la arboleda de sauce del C.P. Cabracancha, Chota como parte del desarrollo de su proyecto de investigación denominado "Evaluación de la influencia de la edad del árbol en los esfuerzos admisibles de la madera el sauce, C.P. Cabracancha, Chota".

En tal sentido, yo JAIKE VILLANUEVA TAPIA,

identificado con DNI 2742 0279, en calidad de propietario de la arboleda de sauce en el C.P de Cabracancha, admito y acepto que se le dará las facilidades necesarias para la exploración, muestreo y toma de muestras del material.

Aprovecho la oportunidad para expresarle mi consideración y estima personal.

Atentamente.



JAIKE VILLANUEVA TAPIA

DNI: 2742 0279

Chota, 01 de julio del 2019

ING. LUIS ALBERTO BALLENA RENTERÍA

Coordinador de la facultad de ciencias de la ingeniería
Universidad Nacional Autónoma de Chota.

Presente. -

Tengo el agrado de dirigirme a Usted, con la finalidad de hacer de su conocimiento que el joven Burga Barboza Darwin Jhohan, identificado con código universitario 2015052003, estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Autónoma de Chota. Ha comunicado el interés de evaluar el material de la arboleda de sauce del C.P. Cabracancha, Chota como parte del desarrollo de su proyecto de investigación denominado "Evaluación de la influencia de la edad del árbol en los esfuerzos admisibles de la madera el sauce, C.P. Cabracancha, Chota".

En tal sentido, yo CLEOTILDE LOPEZ CUBAS,

identificado con DNI 80580785, en calidad de propietario de la arboleda de sauce en el C.P de Cabracancha, admito y acepto que se le dará las facilidades necesarias para la exploración, muestreo y toma de muestras del material.

Aprovecho la oportunidad para expresarle mi consideración y estima personal.

Atentamente.



.....
CLEOTILDE LOPEZ CUBAS
DNI: 80580785

Chota, 01 de julio del 2019

ING. LUIS ALBERTO BALLENA RENTERÍA

Coordinador de la facultad de ciencias de la ingeniería

Universidad Nacional Autónoma de Chota.

Presente. -

Tengo el agrado de dirigirme a Usted, con la finalidad de hacer de su conocimiento que el joven Burga Barboza Darwin Jhohan, identificado con código universitario 2015052003, estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Autónoma de Chota. Ha comunicado el interés de evaluar el material de la arboleda de sauce del C.P. Cabracancha, Chota como parte del desarrollo de su proyecto de investigación denominado "Evaluación de la influencia de la edad del árbol en los esfuerzos admisibles de la madera el sauce, C.P. Cabracancha, Chota".

En tal sentido, yo ANA MEDALY PEREZ FERNANDEZ,

identificado con DNI 48585481, en calidad de propietario de la arboleda de sauce en el C.P de Cabracancha, admito y acepto que se le dará las facilidades necesarias para la exploración, muestreo y toma de muestras del material.

Aprovecho la oportunidad para expresarle mi consideración y estima personal.

Atentamente.



ANA MEDALY PEREZ FERNANDEZ

DNI. 48 58 54 81

Chota, 01 de julio del 2019

ING. LUIS ALBERTO BALLENA RENTERÍA

Coordinador de la facultad de ciencias de la ingeniería

Universidad Nacional Autónoma de Chota.

Presente. -

Tengo el agrado de dirigirme a Usted, con la finalidad de hacer de su conocimiento que el joven Burga Barboza Darwin Jhohan, identificado con código universitario 2015052003, estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Autónoma de Chota. Ha comunicado el interés de evaluar el material de la arboleda de sauce del C.P. Cabracancha, Chota como parte del desarrollo de su proyecto de investigación denominado "Evaluación de la influencia de la edad del árbol en los esfuerzos admisibles de la madera el sauce, C.P. Cabracancha, Chota".

En tal sentido, yo JAIHE BURGA ACUÑA

identificado con DNI 27 42 89 02, en calidad de propietario de la arboleda de sauce en el C.P de Cabracancha, admito y acepto que se le dará las facilidades necesarias para la exploración, muestreo y toma de muestras del material.

Aprovecho la oportunidad para expresarle mi consideración y estima personal.

Atentamente.



JAIHE BURGA ACUÑA

DNI: 27 42 89 02

Chota, 01 de julio del 2019

ING. LUIS ALBERTO BALLENA RENTERÍA

Coordinador de la facultad de ciencias de la ingeniería
Universidad Nacional Autónoma de Chota.

Presente. -

Tengo el agrado de dirigirme a Usted, con la finalidad de hacer de su conocimiento que el joven Burga Barboza Darwin Jhohan, identificado con código universitario 2015052003, estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Autónoma de Chota. Ha comunicado el interés de evaluar el material de la arboleda de sauce del C.P. Cabracancha, chota como parte del desarrollo de su proyecto de investigación denominado "Evaluación de la influencia de la edad del árbol en los esfuerzos admisibles de la madera el sauce, C.P. Cabracancha, Chota".

En tal sentido, yo EMERITA DIAZ HUÑÓZ

identificado con DNI 4146 2931, en calidad de propietario de la arboleda de sauce en el C.P de Cabracancha, admito y acepto que se le dará las facilidades necesarias para la exploración, muestreo y toma de muestras del material.

Aprovecho la oportunidad para expresarle mi consideración y estima personal.

Atentamente.



.....
EMERITA DIAZ HUÑÓZ
DNI: 42462931

Anexo N° 4. Análisis estadístico

Análisis estadístico ANOVA

El análisis estadístico de la varianza (ANOVA) se realizó mediante el software Minitab 19, con el fin de aceptar la hipótesis nula (H_0) o aceptar la hipótesis alternativa (H_1). Si el valor-p (probabilidad) es menor que el nivel de significancia (0.05) se rechaza H_0 , pero si el valor-p es mayor que el nivel de significancia se acepta H_0 .

El modelo estadístico que más se ajusta a los datos es el Modelo lineal general, y las hipótesis que analizaremos son las siguientes:

H_0 : No existe diferencia significativa entre los esfuerzos admisibles de la madera el Sauce del centro poblado Cabracancha, del distrito de Chota, según la edad de madurez del árbol.

H_1 : Existe diferencia significativa entre los esfuerzos admisibles de la madera el Sauce del centro poblado Cabracancha, del distrito de Chota, según la edad de madurez del árbol.

Los datos utilizados en el análisis estadístico fueron los esfuerzos admisibles de la madera el Sauce del centro poblado Cabracancha, según edad de madurez del árbol.

Probeta	Edad (años)	Esfuerzos admisibles (kg/cm ²)				
		Compresión paralela	Compresión perpendicular	Flexión estática	Tracción paralela	Corte paralelo
M1E1a	10	38.32	49.31	249.91	229.24	9.04
M2E1b	10	39.30	60.27	271.33	161.44	11.52
M3E1c	10	35.82	54.46	246.42	157.37	9.84
M1E2a	20	76.90	73.69	292.63	226.03	9.33
M2E2b	20	84.79	95.34	317.69	240.95	10.17
M3E2c	20	79.82	78.48	289.69	211.95	8.28
M1E3a	30	96.93	112.52	354.75	228.29	10.83
M2E3b	30	104.04	166.78	400.39	131.77	11.01
M3E3c	30	90.65	92.19	363.91	177.21	11.63
M1E4a	40	84.95	121.38	295.22	335.17	9.91
M2E4b	40	89.59	86.37	283.49	189.42	11.08
M3E4c	40	95.55	86.34	291.47	251.91	11.60

Por tanto, la variable independiente y factor de análisis es la edad (años): 10, 20, 30 y 40 años, y la variable dependiente serán los esfuerzos admisibles por compresión paralela, compresión perpendicular, flexión estática, tracción paralela y corte paralelo.

Esfuerzo admisible a compresión paralela de la madera sauce

En la tabla el valor-p es 0.00 y es menor que el valor de significancia de 0.05, por tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1); entonces se puede aseverar que si hay diferencia significativa en las mediciones de esfuerzo admisible a compresión paralela de la madera sauce según edad de madurez del árbol. Se concluye que no todas las medias son iguales ya que el esfuerzo admisible a compresión paralela de la madera se ve afectado por el factor edad del árbol.

Análisis de varianza del esfuerzo admisible a compresión paralela

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Edad (años)	3	6373.3	2124.44	92.15	0.000
Error	8	184.4	23.05		
Total	11	6557.7			

En la tabla, R-cuadrado es igual a 97.19%, lo que indica una alta confiabilidad de los resultados obtenidos y que el modelo estadístico se ajusta a los datos, además se puede usar el modelo para hacer generalizaciones más allá de los datos de la muestra.

Resumen del modelo del esfuerzo admisible a compresión paralela

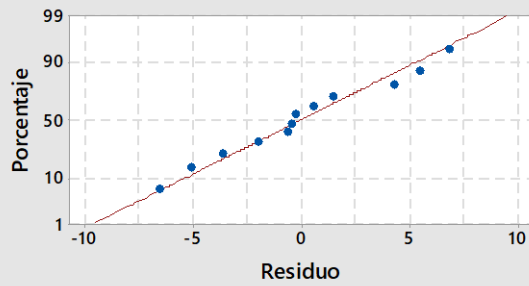
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
4.80135	97.19%	96.13%	93.67%

La gráfica de residuos para el esfuerzo admisible a compresión paralela, muestra la gráfica de probabilidad normal, donde se observa la cercanía de los valores a la línea de tendencia, también muestra el gráfico de vs ajustes, donde se observan los residuos que fueron ajustados a las condiciones de la muestra (edad del árbol), en el histograma se muestra la frecuencia de los residuos encontrados en el análisis estadístico, y por último en la gráfica vs orden se muestra el orden de observación de los residuos que fueron ajustados para el análisis estadístico.

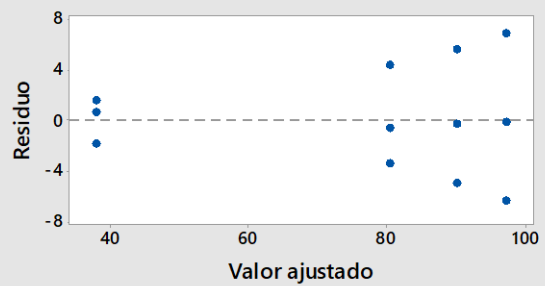
En el ANOM normal unidireccional del esfuerzo admisible de compresión paralela se muestra como las medias de los valores cambian en relación a la edad del árbol.

Gráficas de residuos para Compresión paralela

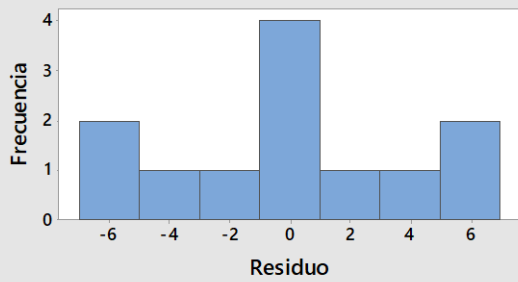
Gráfica de probabilidad normal



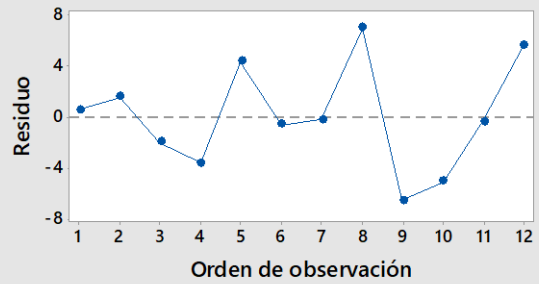
vs. ajustes



Histograma

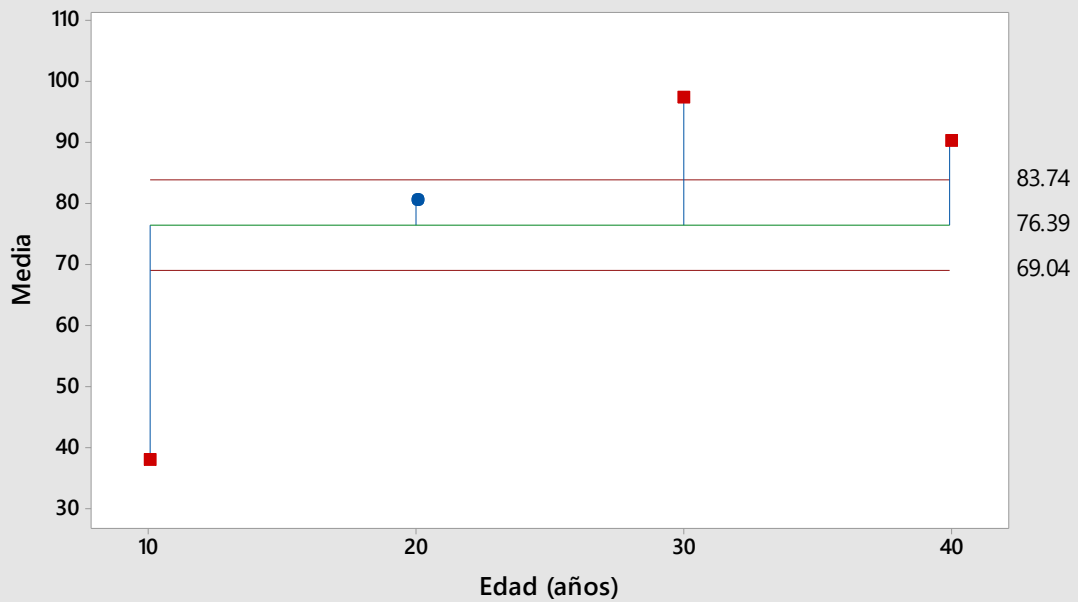


vs. orden



ANOM normal unidireccional de Compresión paralela

$\alpha = 0.05$



Esfuerzo admisible a compresión perpendicular de la madera sauce

En la tabla el valor-p es 0.032 y es menor que el valor de significancia de 0.05, por tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1); entonces se puede aseverar que si hay diferencia significativa en las mediciones de esfuerzo admisible a compresión perpendicular de la madera sauce según edad de madurez del árbol. Se concluye que no todas las medias son iguales ya que el esfuerzo admisible a compresión perpendicular de la madera se ve afectado por el factor edad del árbol.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Edad (años)	3	7537	2512.3	4.89	0.032
Error	8	4110	513.8		
Total	11	11647			

En la tabla, R-cuadrado es igual a 64.71%, lo que indica una moderada a alta confiabilidad de los resultados obtenidos y que el modelo estadístico se ajusta a los datos, además se puede usar el modelo para hacer generalizaciones más allá de los datos de la muestra.

Resumen del modelo

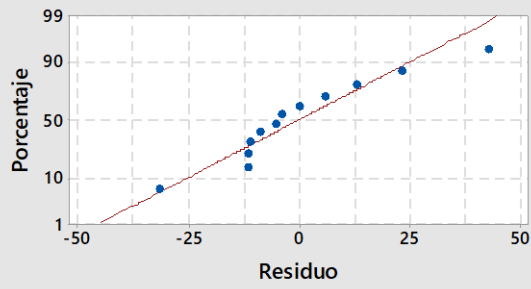
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
22.6662	64.71%	51.48%	20.60%

La gráfica de residuos para el esfuerzo admisible a compresión perpendicular, muestra la gráfica de probabilidad normal, donde se observa la cercanía de los valores a la línea de tendencia, también muestra el gráfico de vs ajustes, donde se observan los residuos que fueron ajustados a las condiciones de la muestra (edad del árbol), en el histograma se muestra la frecuencia de los residuos encontrados en el análisis estadístico, y por último en la gráfica vs orden se muestra el orden de observación de los residuos que fueron ajustados para el análisis estadístico.

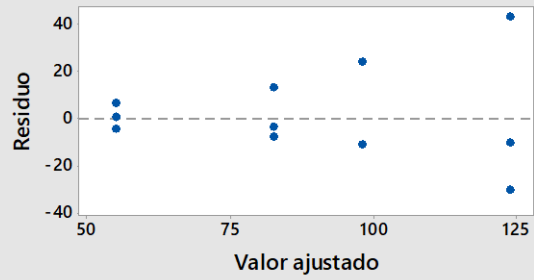
En el ANOM normal unidireccional del esfuerzo admisible de compresión perpendicular se muestra como las medias de los valores cambian en relación a la edad del árbol.

Gráficas de residuos para Compresión perpendicular

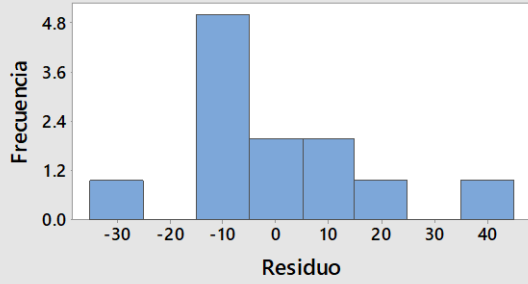
Gráfica de probabilidad normal



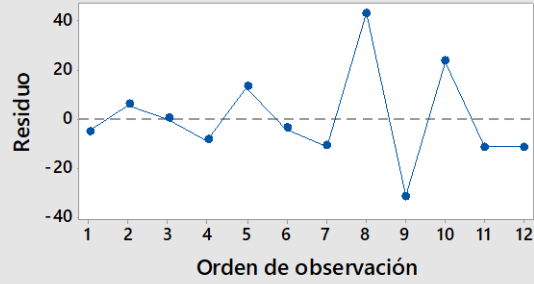
vs. ajustes



Histograma

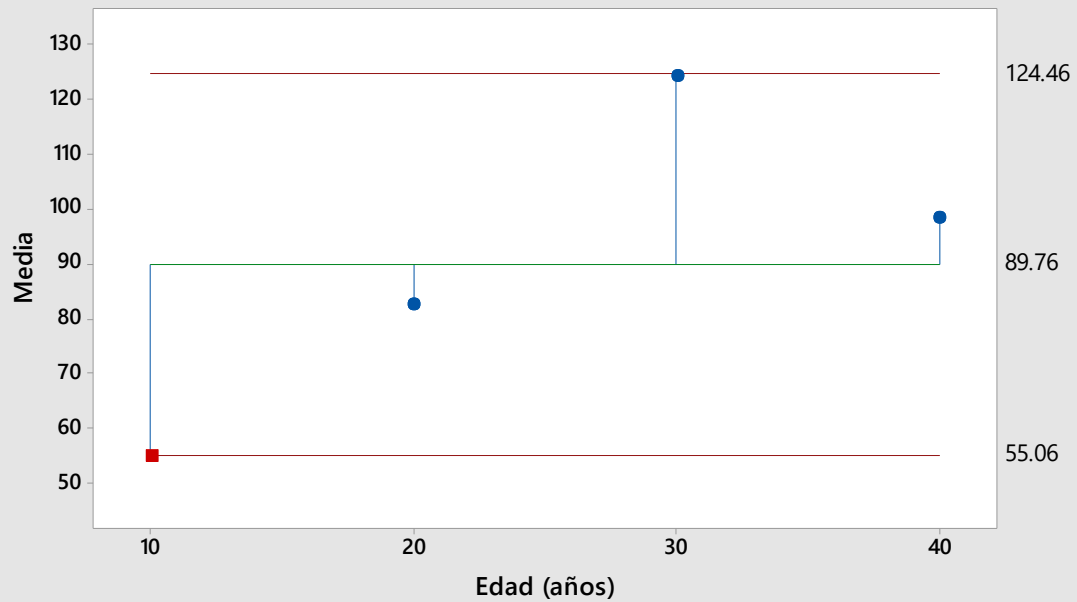


vs. orden



ANOM normal unidireccional de Compresión perpendicular

$\alpha = 0.05$



Esfuerzo admisible a flexión estática de la madera sauce

En la tabla el valor-p es 0.00 y es menor que el valor de significancia de 0.05, por tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1); entonces se puede aseverar que si hay diferencia significativa en las mediciones de esfuerzo admisible a flexión estática de la madera sauce según edad de madurez del árbol. Se concluye que no todas las medias son iguales ya que el esfuerzo admisible a flexión estática de la madera se ve afectado por el factor edad del árbol.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Edad (años)	3	21857	7285.8	28.09	0.000
Error	8	2075	259.4		
Total	11	23932			

En la tabla, R-cuadrado es igual a 91.33%, lo que indica una alta confiabilidad de los resultados obtenidos y que el modelo estadístico se ajusta a los datos, además se puede usar el modelo para hacer generalizaciones más allá de los datos de la muestra.

Resumen del modelo

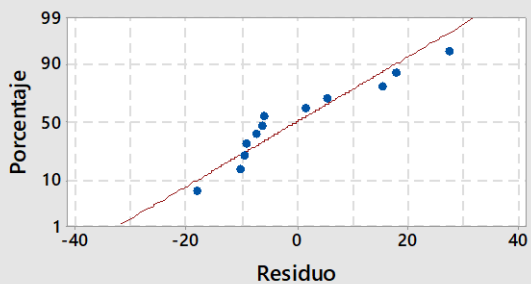
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
16.1049	91.33%	88.08%	80.49%

La gráfica de residuos para el esfuerzo admisible a flexión estática, muestra la gráfica de probabilidad normal, donde se observa la cercanía de los valores a la línea de tendencia, también muestra el gráfico de vs ajustes, donde se observan los residuos que fueron ajustados a las condiciones de la muestra (edad del árbol), en el histograma se muestra la frecuencia de los residuos encontrados en el análisis estadístico, y por último en la gráfica vs orden se muestra el orden de observación de los residuos que fueron ajustados para el análisis estadístico.

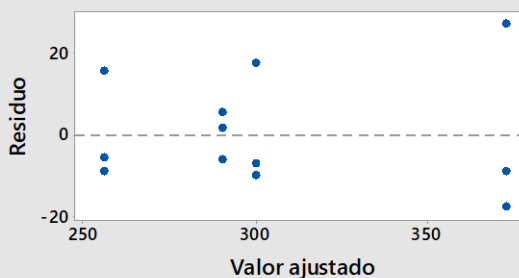
En el ANOM normal unidireccional del esfuerzo admisible a flexión estática se muestra como las medias de los valores cambian en relación a la edad del árbol.

Gráficas de residuos para Flexión estática

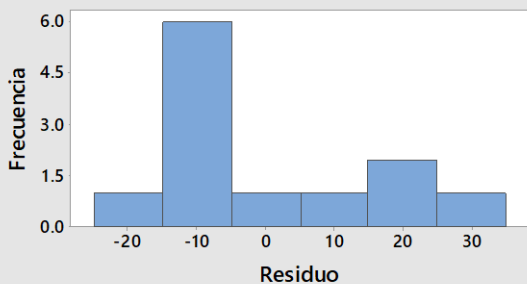
Gráfica de probabilidad normal



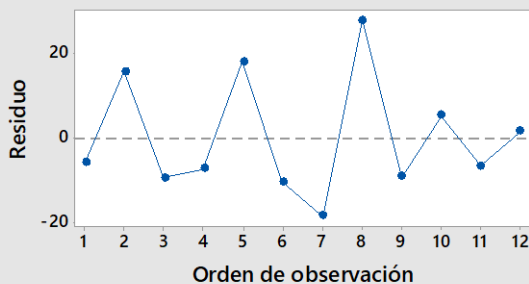
vs. ajustes



Histograma

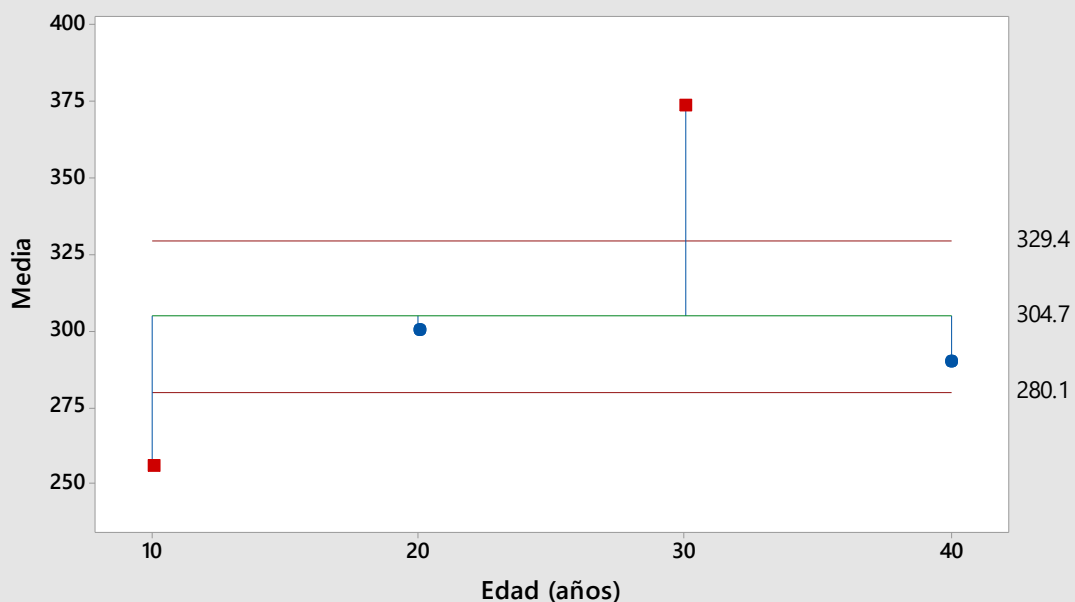


vs. orden



ANOM normal unidireccional de Flexión estática

$\alpha = 0.05$



Esfuerzo admisible a tracción paralela de la madera sauce

En la tabla el valor-p es 0.221 y es mayor que el valor de significancia de 0.05, por tanto, se acepta la hipótesis nula (H_0) y se rechaza la hipótesis alternativa (H_1); entonces se puede aseverar que no hay diferencia significativa en las mediciones de esfuerzo admisible a tracción paralela de la madera sauce según edad de madurez del árbol. Se concluye que todas las medias son iguales ya que el esfuerzo admisible a tracción paralela de la madera no se ve afectado por el factor edad del árbol.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	MC		Valor F	Valor p
		SC Ajust.	Ajust.		
Edad (años)	3	13021	4340	1.82	0.221
Error	8	19036	2379		
Total	11	32057			

En la tabla, R-cuadrado es igual a 40.62%, lo que indica una moderada confiabilidad de los resultados obtenidos y que el modelo estadístico se ajusta a los datos, pero no se puede usar el modelo para hacer generalizaciones más allá de los datos de la muestra.

Resumen del modelo

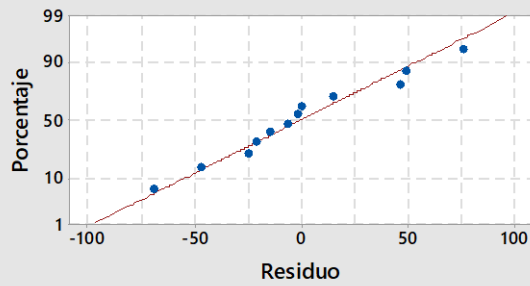
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
48.7799	40.62%	18.35%	0.00%

La gráfica de residuos para el esfuerzo admisible a tracción paralela, muestra la gráfica de probabilidad normal, donde se observa la cercanía de los valores a la línea de tendencia, también muestra el gráfico de vs ajustes, donde se observan los residuos que fueron ajustados a las condiciones de la muestra (edad del árbol), en el histograma se muestra la frecuencia de los residuos encontrados en el análisis estadístico, y por último en la gráfica vs orden se muestra el orden de observación de los residuos que fueron ajustados para el análisis estadístico.

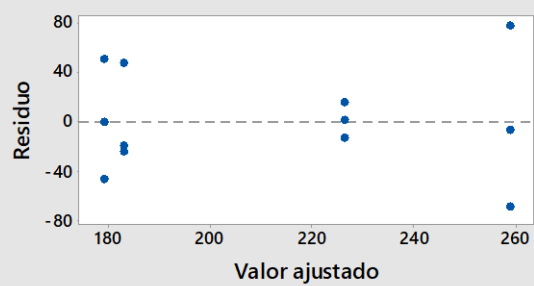
En el ANOM normal unidireccional del esfuerzo admisible de tracción paralela se muestra como las medias de los valores cambian en relación a la edad del árbol.

Gráficas de residuos para Tracción paralela

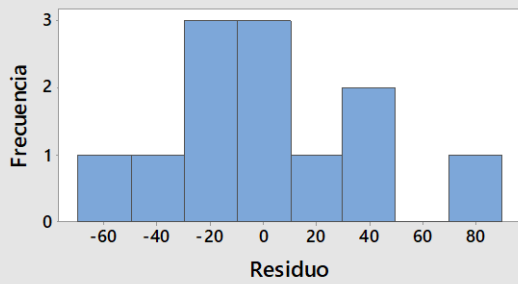
Gráfica de probabilidad normal



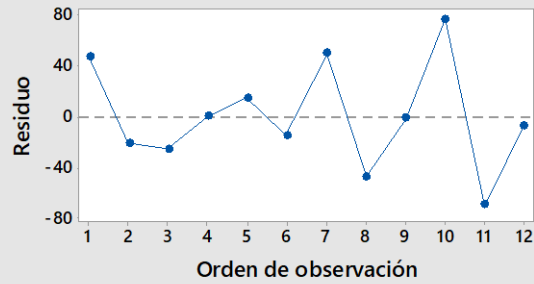
vs. ajustes



Histograma

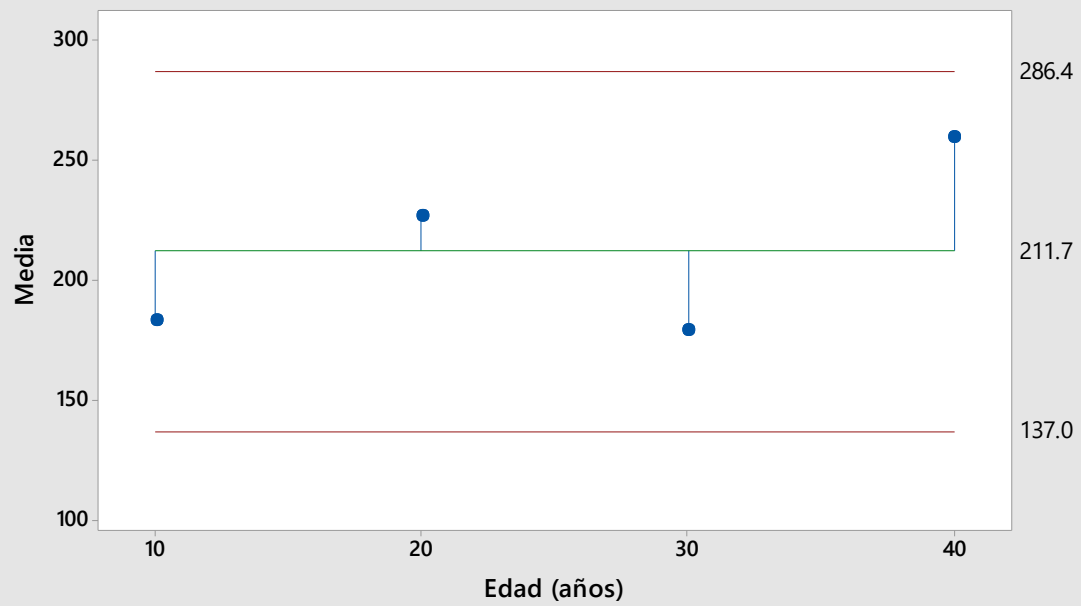


vs. orden



ANOM normal unidireccional de Tracción paralela

$\alpha = 0.05$



Esfuerzo admisible a corte paralelo de la madera sauce

En la tabla el valor-p es 0.132 y es mayor que el valor de significancia de 0.05, por tanto, se acepta la hipótesis nula (H_0) y se rechaza la hipótesis alternativa (H_1); entonces se puede aseverar que no hay diferencia significativa en las mediciones de esfuerzo admisible a corte paralelo de la madera sauce según edad de madurez del árbol. Se concluye que todas las medias son iguales ya que el esfuerzo admisible a corte paralelo de la madera no se ven afectado por el factor edad del árbol.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Edad (años)	3	6.468	2.1560	2.52	0.132
Error	8	6.841	0.8551		
Total	11	13.309			

En la tabla, R-cuadrado es igual a 48.60%, lo que indica una moderada confiabilidad de los resultados obtenidos y que el modelo estadístico se ajusta a los datos, pero no se puede usar el modelo para hacer generalizaciones más allá de los datos de la muestra.

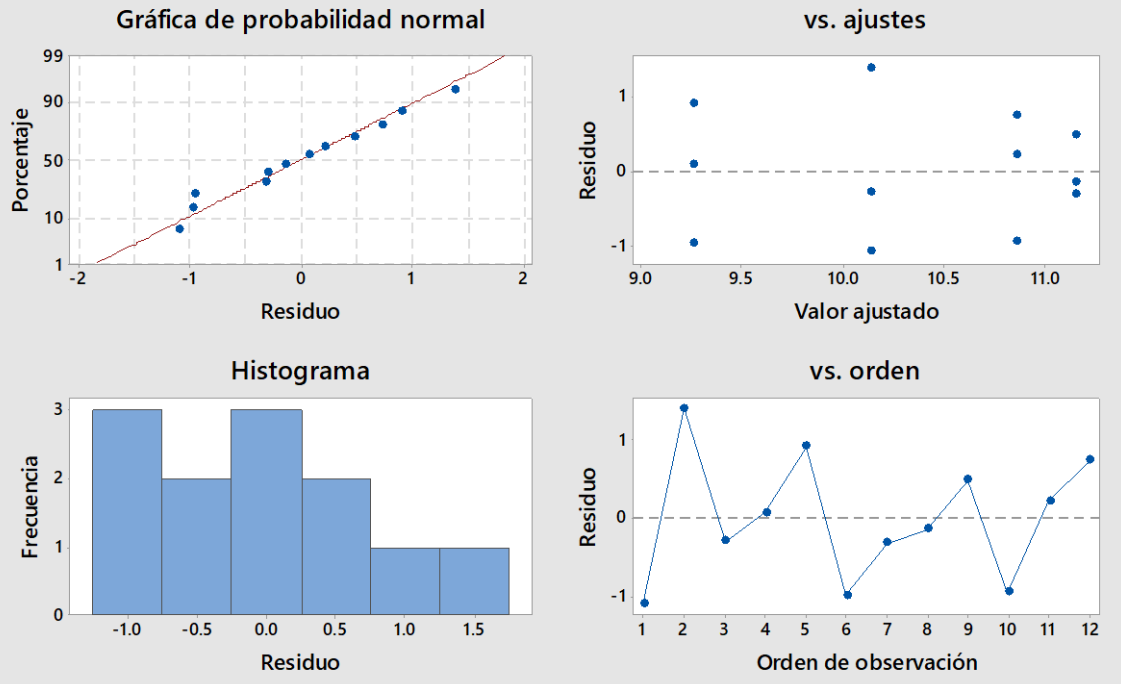
Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.924733	48.60%	29.32%	0.00%

La gráfica de residuos para el esfuerzo admisible a corte paralelo, muestra la gráfica de probabilidad normal, donde se observa la cercanía de los valores a la línea de tendencia, también muestra el gráfico de vs ajustes, donde se observan los residuos que fueron ajustados a las condiciones de la muestra (edad del árbol), en el histograma se muestra la frecuencia de los residuos encontrados en el análisis estadístico, y por último en la gráfica vs orden se muestra el orden de observación de los residuos que fueron ajustados para el análisis estadístico.

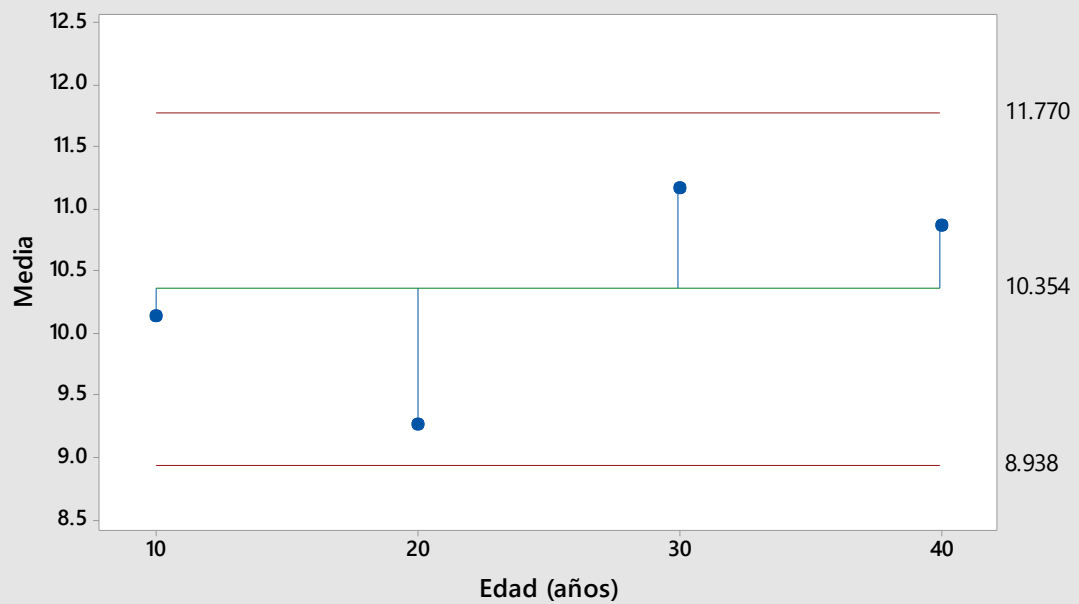
En el ANOM normal unidireccional del esfuerzo admisible de corte paralelo se muestra como las medias de los valores cambian en relación a la edad del árbol.

Gráficas de residuos para Corte paralelo



ANOM normal unidireccional de Corte paralelo

$\alpha = 0.05$



Anexo N° 5. Resultados ensayos de laboratorio



SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES

Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 – PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE

RESOLUCION N° 001083-2009/DSD-INDECOPI

Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484

CODIGO OSCE N° 50090112

LABORATORIO SEGENMA

ENSAYO DE DENSIDAD BÁSICA DEL ÁRBOL SAUCE “SALIX ALBA”.

Solicitante: DARWIN JHOHAN BURGA BARBOZA

Trabajo de investigación: DETERMINACIÓN DE LOS ESFUERZOS ADMISIBLES DE LA MADERA SAUCE “SALIX ALBA” EN RELACIÓN CON SU EDAD, C.P. CABRACANCHA, CHOTA, 2020.

UBICACIÓN: CENTRO POBLADO: CABRACANCHA DISTRITO: CHOTA PROVINCIA: CHOTA DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.

FECHA: 2022

I. ENSAYO DE DENSIDAD BÁSICA DEL ÁRBOL SAUCE “SALIX ALBA”.

PROBETA	MEDIDAS (mm)			VOLUMEN (cm ³)	PESO (g)	DENSIDAD (g/cm ³)
	LARGO	ANCHO	ALTO			
M1E1a	25.67	80.00	25.30	51.96	25.89	0.50
M2E1b	25.45	80.35	25.00	51.12	26.21	0.51
M3E1c	25.68	80.00	25.20	51.77	25.23	0.49
M1E2a	25.30	80.10	25.25	51.17	26.34	0.51
M2E2b	25.16	80.30	25.30	51.11	26.43	0.52
M3E2c	25.35	80.40	25.15	51.26	26.85	0.52
M1E3a	25.46	80.10	25.20	51.39	26.98	0.52
M2E3b	25.46	80.15	25.00	51.02	27.23	0.53
M3E3c	25.34	80.25	25.10	51.04	26.70	0.52
M1E4a	25.68	80.15	25.25	51.97	26.98	0.52
M2E4b	25.95	80.00	25.20	52.32	26.75	0.51
M3E4c	25.46	80.20	25.00	51.05	25.98	0.51

E1, E2, E3, E4 = Árboles de diferente edad.

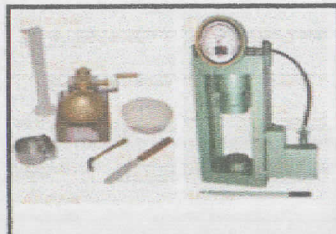
M1 = Número de árboles.

a,b,c = Es el número de la muestra o troza.

Leonidas Murga Vasquez
Leonidas Murga Vasquez
TÉCNICO LABORATORISTA



Miguel Angel Ruiz Perales
Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
C.I.P 246904



**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO
Y ENSAYO DE MATERIALES**

Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE

RESOLUCION N° 001083-2009/DSD-INDECOPI

Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484

CODIGO OSCE N° S0090112

LABORATORIO SEGENMA

REPORTE DE ENSAYOS DE FLEXIÓN ESTÁTICA NTP 251.017

Solicitante: DARWIN JHOHAN BURGA BARBOZA

Trabajo de investigación: EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA EDAD DEL ÁRBOL EN LOS ESFUERZOS ADMISIBLES DE LA MADERA EL SAUCE, C.P. CABRACANCHA, CHOTA.

UBICACIÓN: CENTRO POBLADO: CABRACANCHA DISTRITO: CHOTA PROVINCIA: CHOTA DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA

FECHA: Octubre 2020

I. ENSAYO FLEXIÓN ESTÁTICA - NTP 251.017

PROBETA	MEDIDAS (cm)			DISTANCIA ENTRE LUZ (cm ²)	AREA (cm ²)	RESISTENCIA MAXIMA (MPa)	CARGA MAXIMA (KN)
	LARGO	ANCHO	ALTO				
M1E1a	76.00	5.00	5.00	70.00	25.00	798.315	9.32
M2E1b	76.00	5.04	5.00	70.00	25.22	866.243	10.20
M3E1c	76.00	5.00	5.00	70.00	25.00	787.437	9.19
M1E2a	76.00	5.20	5.00	70.00	25.99	935.165	11.35
M2E2b	76.00	5.00	5.08	70.00	25.39	1015.640	12.23
M3E2c	76.00	5.00	5.10	70.00	25.51	924.664	11.24
M1E3a	76.00	5.00	5.00	70.00	25.00	1133.231	13.23
M2E3b	76.10	5.14	5.00	70.00	25.69	1279.508	15.35
M3E3c	76.00	5.11	5.00	70.00	25.54	1162.932	13.87
M1E4a	76.00	5.00	5.00	70.00	25.00	943.074	11.01
M2E4b	76.00	5.00	5.16	70.00	25.79	906.305	11.26
M3E4c	76.00	5.00	5.00	70.00	25.00	931.082	10.87

E1, E2, E3, E4 = Árboles de diferente edad.

M1 = Son árboles que se extrajo la muestra.

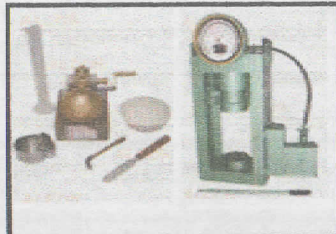
a, b, c = Es el número de la muestra.

LEYENDA: Los ensayos de flexión estática se realizó con probetas de 5cm x 5cm x 76 cm de longitud bajo el método primario.

Leonidas Murga Vasquez
Leonidas Murga Vasquez
TÉCNICO LABORATORISTA



Miguel Angel Ruiz Perales
Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 246904



**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO
Y ENSAYO DE MATERIALES**

Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE

RESOLUCION N° 001083-2009/DSD-INDECOPI

Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484

CODIGO OSCE N° S0090112

LABORATORIO SEGENMA

REPORTE DE ENSAYOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD – NTP.251.010

Solicitante: DARWIN JHOHAN BURGA BARBOZA

Trabajo de investigación: EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA EDAD DEL ÁRBOL EN LOS ESFUERZOS ADMISIBLES DE LA MADERA EL SAUCE, C.P. CABRACANCHA, CHOTA.

UBICACIÓN: CENTRO POBLADO: CABRACANCHA DISTRITO: CHOTA PROVINCIA: CHOTA DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA

FECHA: Octubre 2020

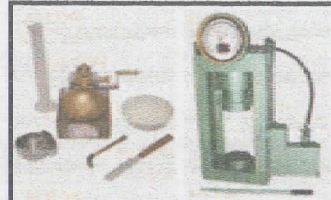
II. **ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD – NTP.251.010**

PROBETA	PESO DE LA MUESTRA ANTES DEL SECADO (g) -m1	PESO DE LA MUESTRA DESPUÉS DEL SECADO (g) - m2	TIEMPO (Horas-según NTP.251.010)	T° (°C-SEGUN NTP.251.010)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
M1E1a	534.34	424.45	3	103	25.89%
M2E1b	537.78	415.48	3	103	29.44%
M3E1c	528.92	422.67	3	103	25.14%
M1E2a	547.65	459.48	3	103	19.19%
M2E2b	512.45	414.65	3	103	23.59%
M3E2c	556.37	454.88	3	103	22.32%
M1E3a	527.89	451.21	3	103	16.99%
M2E3b	545.74	453.63	3	103	20.31%
M3E3c	533.12	444.75	3	103	19.87%
M1E4a	545.58	455.46	3	103	19.79%
M2E4b	523.59	407.73	3	103	28.42%
M3E4c	565.89	474.48	3	103	19.27%

Leonidas Murga Vasquez
Leonidas Murga Vasquez
TÉCNICO LABORATORISTA



Miguel Angel Ríriz Perales
Miguel Angel Ríriz Perales
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 246904



**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO
Y ENSAYO DE MATERIALES**

Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE

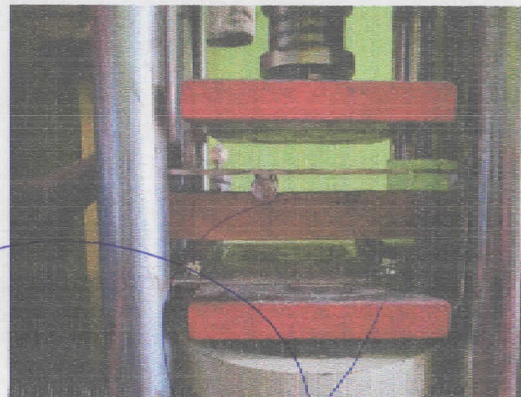
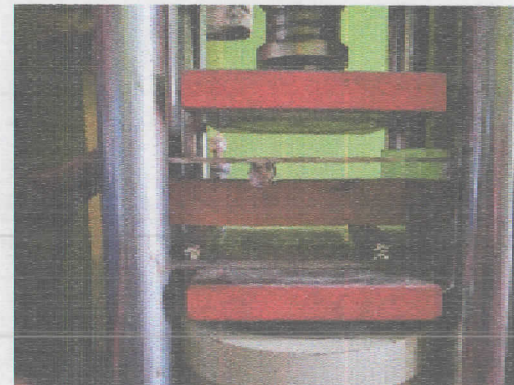
RESOLUCION N° 001083-2009/DSD-INDECOPI

Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484

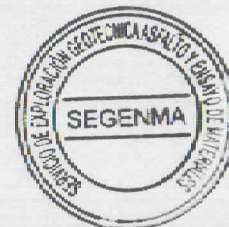
CODIGO OSCE N° S0090112

LABORATORIO SEGENMA

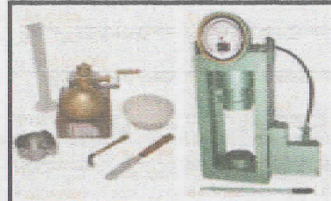
III. PANEL FOTOGRAFICO



copias en
Leonidas Murga Vasquez
TÉCNICO LABORATORISTA



Miguel Ángel Ruiz
Miguel Ángel Ruiz
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 246904



SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES

Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE

RESOLUCION N° 001083-2009/DSD-INDECOPI

Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484

CODIGO OSCE N° S0090112

LABORATORIO SEGENMA

ENSAYO DE COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO (NTP 251.016)

Solicitante: DARWIN JHOHAN BURGA BARBOZA

Trabajo de investigación: EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA EDAD DEL ÁRBOL EN LOS ESFUERZOS ADMISIBLES DE LA MADERA EL SAUCE, C.P. CABRACANCHA, CHOTA.

UBICACIÓN: CENTRO POBLADO: CABRACANCHA DISTRITO CHOTA PROVINCIA: CHOTA DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA

FECHA: Octubre 2020

I. ENSAYO DE COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO (NTP 251.016)

PROBETA	MEDIDAS (cm)			AREA (cm ²)	RESISTENCIA MAXIMA (MPa)	CARGA MAXIMA (KN)
	LARGO	ANCHO	ALTO			
M1E1a	15.00	5.18	5.00	77.72	7.736	60.12
M2E1b	15.00	5.00	5.16	75.00	9.456	70.92
M3E1c	15.01	5.20	5.00	78.02	8.548	66.70
M1E2a	15.00	5.00	5.00	75.00	11.563	86.72
M2E2b	15.00	5.14	5.00	77.03	14.974	115.34
M3E2c	15.00	5.13	5.00	76.91	12.322	94.76
M1E3a	15.00	5.17	5.18	77.80	17.645	136.92
M2E3b	15.00	5.00	5.00	75.00	26.168	196.26
M3E3c	15.00	5.11	5.16	76.59	14.476	110.87
M1E4a	15.00	5.19	5.00	77.84	19.049	148.27
M2E4b	15.00	5.00	5.16	75.00	13.552	101.64
M3E4c	15.00	5.16	5.14	77.43	13.543	104.86

E1, E2, E3, E4 = Árboles de diferente edad.

M1 = Son árboles que se extrajo la muestra.

a, b, c = Es el número de la muestra.

LEYENDA: Los ensayos de flexión estática se realizó con probetas de 5cm x 5cm x 75 cm de longitud bajo el método primario.

Leonidas Murga Vasquez
Leonidas Murga Vasquez
TÉCNICO LABORATORISTA



Miguel Angel Ruiz Perales
Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 246904



**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO
Y ENSAYO DE MATERIALES**

Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE

RESOLUCION N° 001083-2009/DSD-INDECOPI

Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484

CODIGO OSCE N° S0090112

LABORATORIO SEGENMA

REPORTE DE ENSAYOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD - NTP.251.010

Solicitante: DARWIN JOHAN BURGA BARBOZA

Trabajo de investigación: EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA EDAD DEL ÁRBOL EN LOS ESFUERZOS ADMISIBLES DE LA MADERA EL SAUCE, C.P. CABRACANCHA, CHOTA.

UBICACIÓN: CENTRO POBLADO: CABRACANCHA DISTRITO: CHOTA PROVINCIA: CHOTA DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA

FECHA: Octubre 2020

II. ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD - NTP.251.010

PROBETA	PESO DE LA MUESTRA ANTES DEL SECADO (g) -m1	PESO DE LA MUESTRA DESPUÉS DEL SECADO (g) - m2	TIEMPO (Horas-según NTP.251.010)	T° (°C-SEGUN NTP.251.010)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
M1E1a	434.66	364.45	3	103	19.26%
M2E1b	437.38	365.46	3	103	19.68%
M3E1c	428.92	352.67	3	103	21.62%
M1E2a	447.82	359.46	3	103	24.58%
M2E2b	412.28	344.65	3	103	19.62%
M3E2c	456.37	374.86	3	103	21.74%
M1E3a	427.89	361.21	3	103	18.46%
M2E3b	445.74	363.63	3	103	22.58%
M3E3c	433.12	354.75	3	103	22.09%
M1E4a	445.58	365.46	3	103	21.92%
M2E4b	423.59	367.73	3	103	15.19%
M3E4c	465.89	394.46	3	103	18.11%

Leonidas Murga Vasquez
Leonidas Murga Vasquez
TÉCNICO LABORATORISTA



Miguel Angel Ruiz Perales
Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 246904



**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO
Y ENSAYO DE MATERIALES**

CA. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE
RESOLUCION N° 001083 2009/DSD INDECOPI
Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484
CODIGO OSCE N° S0090112
LABORATORIO SEGENMA

REPORTE DE ENSAYOS EN MADERA SAUCE

Solicitante: Darwin Jhohan Burga Barboza

Trabajo de investigación: EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA EDAD DEL ÁRBOL EN LOS ESFUERZOS ADMISIBLES DE LA MADERA EL SAUCE, C.P. CABRACANCHA, CHOTA.

UBICACIÓN: Centro Poblado: CABRACANCHA - Distrito: CHOTA - Provincia: CHOTA
Departamento: CAJAMARCA

Fecha: Octubre 2020

Laboratorio:

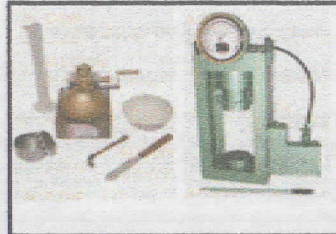
SEGENMA

Normas de ensayos realizados:

ENSAYO DE COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO (NTP 251.014)
ENSAYO DE COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO (NTP 251.016)
ENSAYO DE FLEXION ESTATICA (NTP 251.017)
ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD -
NTP.251.010



Miguel Ángel Ruiz Perales
Miguel Ángel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 246904



**SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO
Y ENSAYO DE MATERIALES**

Ca. BRITALDO GONZALES N° 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE

RESOLUCION N° 001083-2009/DSD-INDECOPI

Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484

CODIGO OSCE N° S0090112

LABORATORIO SEGENMA

ENSAYO DE COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO (NTP 251.014)

Solicitante: DARWIN JHOHAN BURGA BARBOZA

Trabajo de investigación: EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA EDAD DEL ÁRBOL EN LOS ESFUERZOS ADMISIBLES DE LA MADERA EL SAUCE, C.P. CABRACANCHA, CHOTA.

UBICACIÓN: CENTRO POBLADO: CABRACANCHA DISTRITO: CHOTA PROVINCIA: CHOTA DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA

FECHA: Octubre 2020

I. ENSAYO DE COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO (NTP 251.014)

PROBETA	MEDIDAS (cm)			AREA (cm ²)	RESISTENCIA MAXIMA (MPa)	CARGA MAXIMA (KN)
	LARGO	ANCHO	ALTO			
M1E1a	20.00	5.00	5.17	100.00	7.515	75.15
M2E1b	20.00	5.00	5.00	100.00	8.865	88.65
M3E1c	20.00	5.16	5.00	103.20	8.079	83.38
M1E2a	20.00	5.00	5.00	100.00	17.344	173.44
M2E2b	20.00	5.00	5.13	100.00	19.124	191.24
M3E2c	20.00	5.00	5.10	100.00	18.004	180.044
M1E3a	20.00	5.17	5.00	103.40	21.864	226.072
M2E3b	20.00	5.00	5.00	100.00	23.465	234.654
M3E3c	20.00	5.23	5.00	104.60	20.446	213.864
M1E4a	20.00	5.24	5.00	104.80	19.160	200.802
M2E4b	20.00	5.00	5.13	100.00	20.208	202.075
M3E4c	20.00	5.16	5.00	103.20	21.550	222.4

E1, E2, E3, E4 = Árboles de diferente edad.

M1 = Son árboles que se extrajo la muestra.

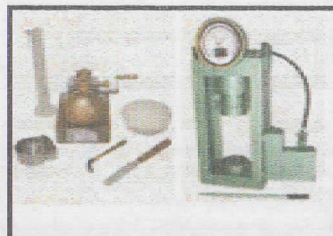
a, b, c = Es el número de la muestra.

LEYENDA: Los ensayos de flexión estática se realizó con probetas de 5cm x 5cm x 76 cm de longitud bajo el método primario.

Leonidas Murga Vasquez
TÉCNICO LABORATORISTA



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 246904



SERVICIOS DE EXPLORACIÓN GEOTECNICA, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES

Ca. BRITALDO GONZALES Nº 183 - PUEBLO NUEVO - FERREÑAFE

RESOLUCION Nº 001083-2009/DSD-INDECOPI

Email: leonidasmvas@hotmail.com RPM #947009877 TELEF. 074-456484

CODIGO OSCE Nº 50090112

LABORATORIO SEGENMA

REPORTE DE ENSAYOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD – NTP.251.010

Solicitante: DARWIN JHOHAN BURGA BARBOZA

Trabajo de investigación: EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA EDAD DEL ÁRBOL EN LOS ESFUERZOS ADMISIBLES DE LA MADERA EL SAUCE, C.P. CABRACANCHA, CHOTA.

UBICACIÓN: CENTRO POBLADO: CABRACANCHA DISTRITO CHOTA PROVINCIA: CHOTA DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA

FECHA: Octubre 2020

II. ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD – NTP.251.010

PROBETA	PESO DE LA MUESTRA ANTES DEL SECADO (g) -m1	PESO DE LA MUESTRA DESPUÉS DEL SECADO (g) - m2	TIEMPO (Horas-según NTP.251.010)	Tº (°C-SEGUN NTP.251.010)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
M1E1a	546.47	465.4	3	103	17.42%
M2E1b	545.68	461.78	3	103	18.17%
M3E1c	544.54	460.67	3	103	18.21%
M1E2a	549.89	468.34	3	103	17.41%
M2E2b	546.65	465.58	3	103	17.41%
M3E2c	542.47	464.91	3	103	16.68%
M1E3a	544.65	466.27	3	103	16.81%
M2E3b	546.58	467.52	3	103	16.91%
M3E3c	542.65	461.63	3	103	17.55%
M1E4a	541.78	462.26	3	103	17.20%
M2E4b	546.87	461.91	3	103	18.39%
M3E4c	543.16	460.68	3	103	17.90%

Leonidas
Leonidas Murga Vasquez
TÉCNICO LABORATORISTA



Miguel Ángel Ruiz Perales
Miguel Ángel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 246904



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

Facultad de Ingeniería

Departamento Académico de Ingeniería de Materiales

REPORTE DE ENSAYOS EN MADERA SAUCE

Solicitante:

Burga Barboza Darwin Jhohan

Trabajo de Investigación:

EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA EDAD DEL ÁRBOL EN LOS ESFUERZOS ADMISIBLES DE LA MADERA EL SAUCE, C.P. CABRACANCHA, CHOTA

Fecha:

Febrero 2020.

Laboratorio:

Materiales Compuestos. Todas las muestras fueron puestas en laboratorio.

Normas de Ensayos realizados:

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 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.

I. ENSAYO DE TENSIÓN PERPENDICULAR A LAS FIBRAS – NTP. 251.086

CÓDIGO	MEDIDAS (mm)			ÁREA (mm ²)	RESISTENCIA MÁXIMA (N/mm ²) ó (MPa)	CARGA MÁXIMA (kN)
	LARGO	ANCHO	ALTURA			
M1E1a	23.19	49.78	50.32	1154.40	3.52	4.06
M2E1b	26.01	49.62	49.78	1290.62	3.89	5.02
M3E1c	27.27	49.58	50.93	1352.05	3.42	4.63
M1E2a	24.52	49.63	50.12	1216.93	3.58	4.36
M2E2b	25.36	49.85	49.86	1264.20	3.39	4.29
M3E2c	26.04	49.74	49.65	1295.23	3.84	4.98
M1E3a	25.79	48.44	50.54	1249.27	4.60	5.75
M2E3b	23.22	49.45	50.12	1148.23	4.15	4.76
M3E3c	26.16	48.68	49.18	1273.47	3.93	5.01
M1E4a	24.52	48.71	49.93	1194.37	3.77	4.50
M2E4b	25.50	49.2	50.07	1254.60	3.11	3.90
M3E4c	26.38	48.38	49.67	1276.26	4.39	5.60

M1E1a = M# el número de la muestra, E#a selección del árbol donde se extrajo la probeta
 Carga Máxima: Carga máxima a la rotura
 Área: Largo x Ancho



1.1. ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD –
NTP. 251.010 – POSTERIOR AL ENSAYO DE TENSIÓN

- Según la NTP.251.010, se utilizó la siguiente fórmula para hallar el contenido de humedad.

$$CH\% = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100$$

Donde:

m_1 : masa en gramos de la muestra antes del secado en estufa.

m_2 : masa en gramos de la muestra después del secado en estufa.

CÓDIGO	PESO DE MUESTRA ANTES DEL SECADO (g)	PESO DE MUESTRA DESPUÉS DEL SECADO (g)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
M.1.E.1.a	56.21	47.98	17.15
M.2.E.1.b	58.96	49.95	18.04
M.3.E.1.c	61.00	51.61	18.19
M.1.E.2.a	51.54	44.17	16.69
M.2.E.2.b	50.28	38.96	29.06
M.3.E.2.c	46.49	37.72	23.25
M.1.E.3.a	52.31	41.86	24.96
M.2.E.3.b	60.07	49.49	21.38
M.3.E.3.c	50.36	40.98	22.89
M.1.E.4.a	55.85	47.83	16.77
M.2.E.4.b	57.15	47.38	20.62
M.3.E.4.c	55.62	46.26	20.23

Según NTP.251.010 las muestras se mantuvieron en el horno a 103°C durante 3 horas. Debido a la alta humedad de las probetas no se pudo realizar el cálculo de %Alargamiento.

ANEXOS

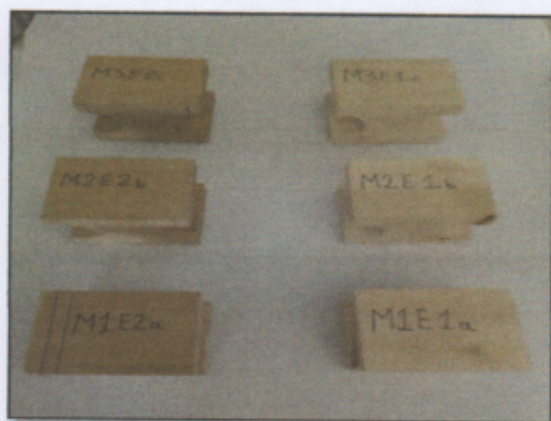


Figura N°01: Codificación de las probetas E1 y E2.



Figura N°02: Codificación de las probetas E3 y E4.

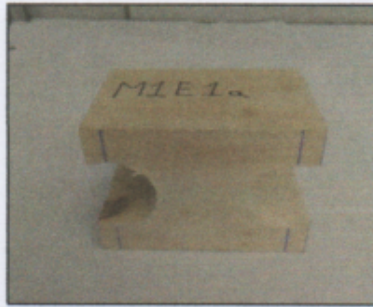


Figura N°03: Probeta M1E1.a
antes de ser ensayada.



Figura N°04: Probeta M1E1.a
durante el ensayo.



Figura N°05: Probeta M1E1.a
después de ser ensayada.

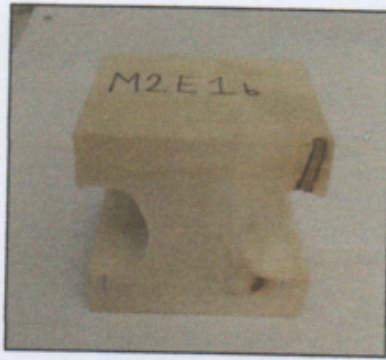


Figura N°06: Probeta M2E1b antes de ser ensayada.



Figura N°07: Probeta M2E1b durante el ensayo.

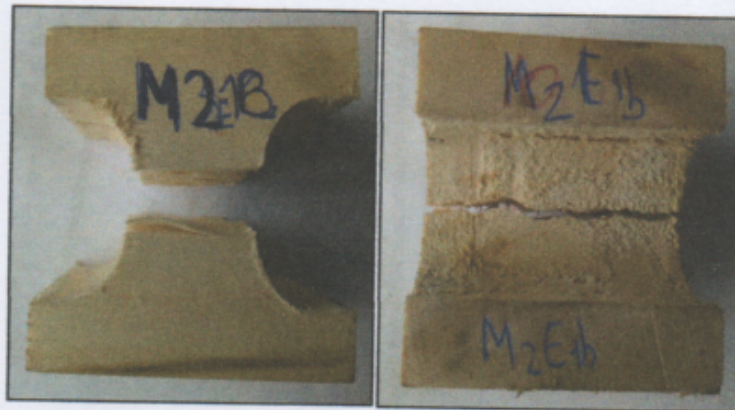


Figura N°08: Probeta M2E1b después de ser ensayada.

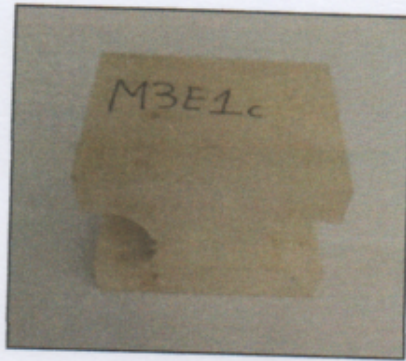


Figura N°09: Probeta M3E1c antes de ser ensayada.



Figura N°10: Probeta M3E1c durante el ensayo.



Figura N°11: Probeta M3E1c después de ser ensayada.

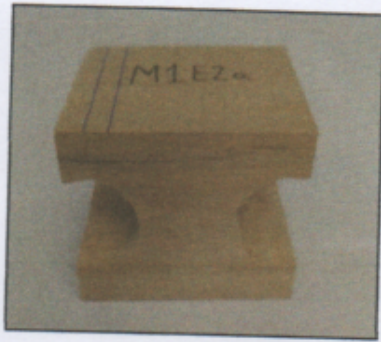


Figura N°12: Probeta M1E2a antes de ser ensayada.



Figura N°13: Probeta M1E2a durante el ensayo.



Figura N°14: Probeta M1E2a después de ser ensayada.

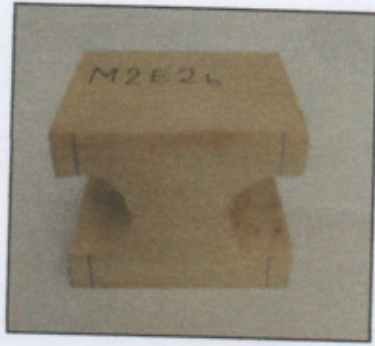


Figura N°15: Probeta M2E2b antes de ser ensayada.



Figura N°16: Probeta M2E2b durante el ensayo.



Figura N°17: Probeta M2E2b después de ser ensayada.



Figura N°18: Probeta M3E2c antes de ser ensayada.



Figura N°19: Probeta M3E2c durante el ensayo.



Figura N°20: Probeta M3E2c después de ser ensayada.

III. ENSAYO DE CIZALLAMIENTO PARALELO AL GRANO (NTP 251.013)

CÓDIGO	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Altura (mm)	Peso (kg)	Fuerza (KN)	Área (mm ²)	Resistencia Cizalla (Mpa)
M1E1a	50.22	49.35	62.23	0.065	8.79	2478.4	3.55
M2E1b	50.45	49.25	61.25	0.067	11.23	2484.6	4.52
M3E1c	49.98	50.20	61.66	0.060	9.68	2509.0	3.86
M1E2a	50.15	49.95	60.55	0.062	9.17	2505.0	3.66
M2E2b	50.62	48.55	60.65	0.059	9.80	2457.6	3.99
M3E2c	50.56	49.33	61.95	0.066	8.10	2494.1	3.25
M1E3a	50.11	50.01	62.24	0.064	10.65	2506.0	4.25
M2E3b	50.09	49.05	62.34	0.067	10.61	2456.9	4.32
M3E3c	50.66	48.10	60.21	0.062	11.12	2436.7	4.56
M1E4a	50.06	48.55	62.35	0.061	9.45	2430.4	3.89
M2E4b	50.32	49.82	61.99	0.068	10.90	2506.9	4.35
M3E4c	50.23	49.98	62.66	0.070	11.42	2510.5	4.55

Velocidad de Cizalla = 0.6 mm/min.

3.1. ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD – NTP. 251.010 – POSTERIOR AL ENSAYO CIZALLAMIENTO

- Según la NTP.251.010, se utilizó la siguiente fórmula para hallar el contenido de humedad.

$$CH\% = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100$$

Donde:

m_1 : masa en gramos de la muestra antes del secado en estufa.

m_2 : masa en gramos de la muestra después del secado en estufa.

CÓDIGO	PESO DE MUESTRA ANTES DEL SECADO (g)	PESO DE MUESTRA DESPUÉS DEL SECADO (g)	TIEMPO (Horas- Según NTP.251.010)	T° (°C-Según NTP.251.010)	CONTENIDO HUMEDAD (%)
M1E1a	26.04	23.19	3	103	12.25
M2E1b	26.88	24.16	3	103	11.25
M3E1c	24.40	22.14	3	103	10.20
M1E2a	24.82	22.17	3	103	11.95
M2E2b	23.60	21.01	3	103	12.35
M3E2c	26.41	23.47	3	103	12.54
M1E3a	25.61	23.00	3	103	11.33
M2E3b	26.82	23.88	3	103	12.32
M3E3c	24.83	22.18	3	103	11.95
M1E4a	24.44	21.81	3	103	12.05
M2E4b	27.22	24.62	3	103	10.56
M3E4c	28.16	24.81	3	103	13.50

ANEXOS



Figura N°01. Probetas antes de ser ensañadas



Figura N°02. Probetas durante el ensayo



Figura N°03. Probetas después del ensayo

II. ENSAYO DE TENSION PARALELO A LAS FIBRAS- NTP. 251.085

CÓDIGO	MEDIDAS		AREA (mm ²)	CARGA MAXIMA (kN)	RESISTENCIA MAXIMA $\frac{N}{mm^2}$ o MPa	% DE ALARGAMIENTO
	ESPESOR (mm)	ANCHO (mm)				
M1E1a	4.46	9.50	42.37	3.81	89.92	3.56
M2E1b	5.10	9.32	47.53	3.01	63.33	3.04
M3E1c	4.38	9.32	40.82	2.52	61.73	1.48
M1E2a	4.81	9.52	45.79	4.06	88.66	2.90
M2E2b	4.78	9.54	45.60	4.31	94.52	3.60
M3E2c	4.88	9.44	46.06	3.83	83.14	3.56
M1E3a	4.91	9.12	44.78	4.01	89.55	3.76
M2E3b	4.90	9.91	48.61	2.51	51.63	1.28
M3E3c	5.11	9.60	49.06	3.41	69.51	2.64
M1E4a	5.41	9.21	49.83	5.34	107.16	2.21
M2E4b	5.30	9.70	51.41	3.82	74.30	2.54
M3E4c	4.71	9.11	42.91	4.24	98.81	3.05

Largo = 250 mm

M1E1a = M# el número de la muestra, E#a selección del árbol donde se extrajo

ANEXOS



Figura N°01: Probetas M1E1a, M2E1b y M3E1c antes de ser ensayada.



Figura N°02: Probeta M1E1a durante el ensayo.

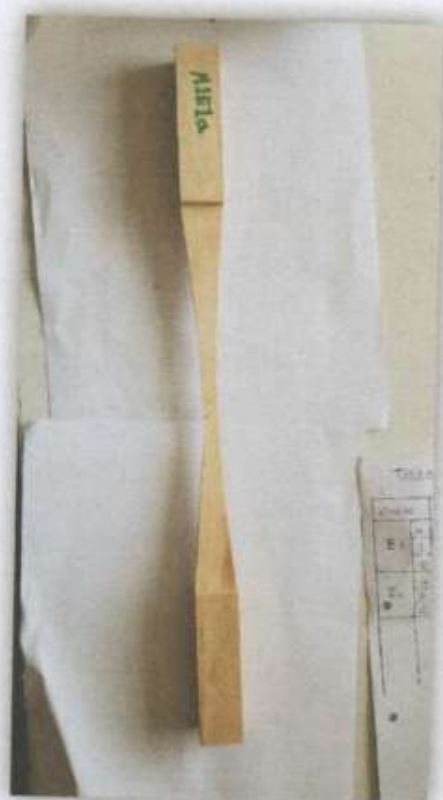


Figura N°03: Probeta M1E1a después de ser ensayada.



Figura N°04: Probeta M2E1b durante el ensayo.



Figura N°05: Probeta M2E1b después de ser ensayada.



Figura N°06: Probeta M3E1c durante el ensayo.



Figura N°07: Probeta M3E1c después de ser ensayada.



Figura N°08: Probetas M1E2a, M2E2b y M3E2c antes de ser ensayada.



Figura N°09: Probeta M1E2a durante el ensayo.

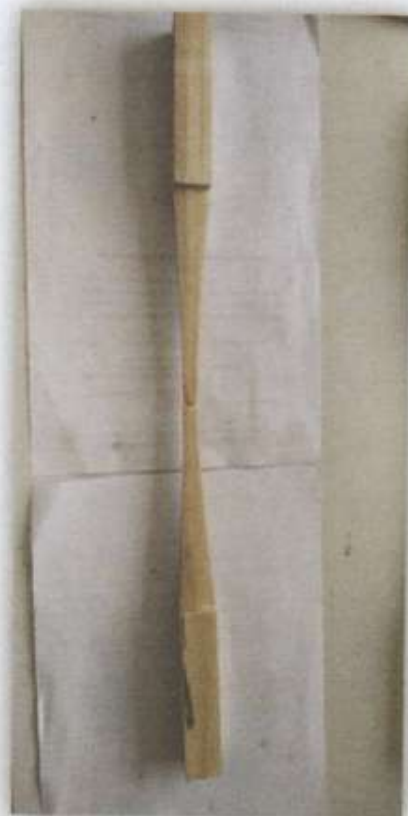


Figura N°10: Probeta M1E2a después de ser ensayada.



Figura N°11: Probeta M2E2b durante el ensayo.



Figura N°12: Probeta M2E2b después de ser ensayada.



Figura N°13: Probeta M3E2c durante el ensayo.

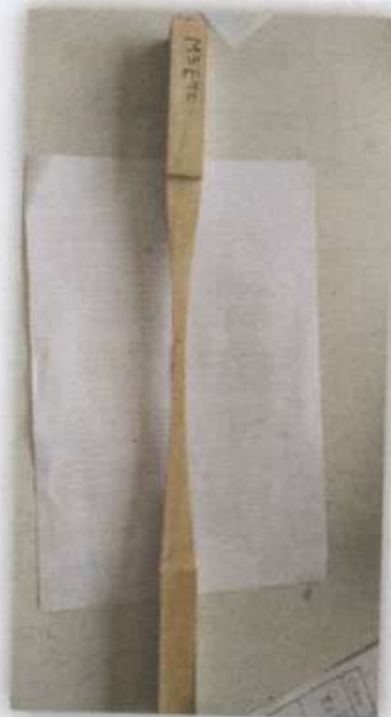


Figura N°14: Probeta M3E2c después de ser ensayada.

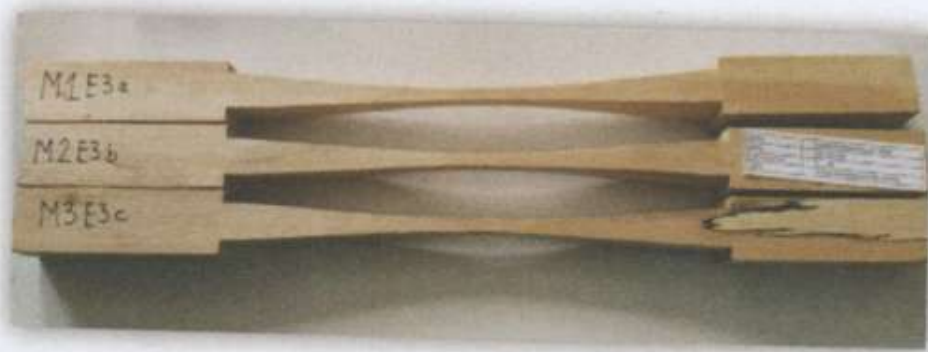


Figura N°15: Probetas M1E3a, M2E3b y M3E3c antes de ser ensayada.



Figura N°16: Probeta M1E3a durante el ensayo.



Figura N°17: Probeta M1E3a después de ser ensayada.



Figura N°18: Probeta M2E3b durante el ensayo.



Figura N°19: Probeta M2E3b después de ser ensayada.



Figura N°20: Probeta M3E3c durante el ensayo.



Figura N°21: Probeta M3E3c después de ser ensayada.

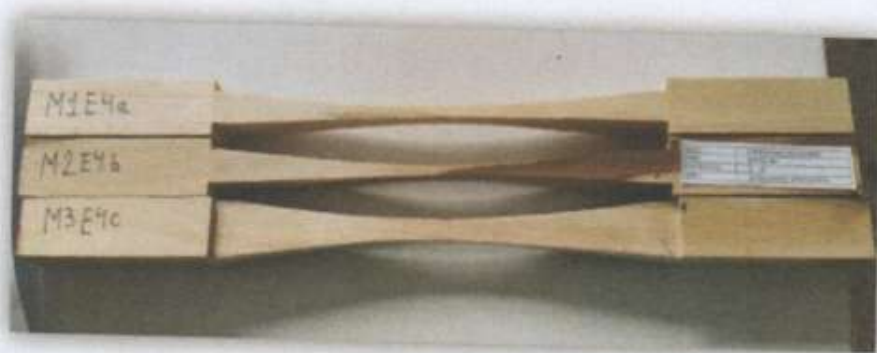


Figura N°22: Probetas M1E4a, M2E4b y M3E4c antes de ser ensayada.



Figura N°23: Probeta M1E4a durante el ensayo.



Figura N°24: Probeta M1E4a después de ser ensayada.



Figura N°25: Probeta M2E4b durante el ensayo.



Figura N°26: Probeta M2E4b después de ser ensayada.



Figura N°27: Probeta M3E4c durante el ensayo.

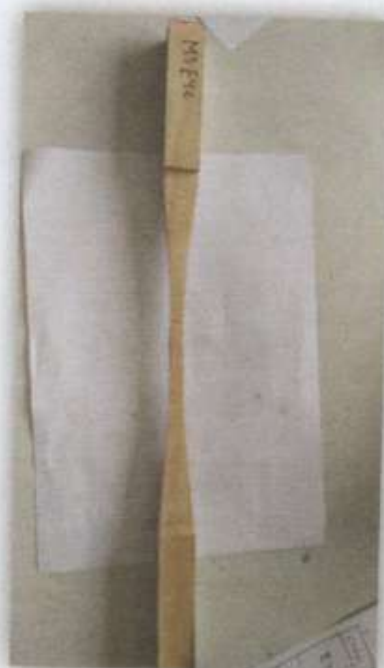


Figura N°28: Probeta M3E4c después de ser ensayada.

ANEXOS



FIGURA N°20: Secado de las probetas según NTP. 251.010



Figura N°21: Peso de la Probeta M.1.E.1.a antes del secado en la estufa.



Figura N°22: Peso de la Probeta M.1.E.1.a después del secado en la estufa.



Figura N°23: Peso de la Probeta M.2.E.1.b antes del secado en la estufa.



Figura N°24: Peso de la Probeta M.2.E.1.b después del secado en la estufa.



Figura N°25: Peso de la Probeta M.3.E.1.c después del secado en la estufa.



Figura N°26: Peso de la Probeta M.3.E.1.c después del secado en la estufa.



Figura N°27: Peso de la Probeta M.1.E.2.a después del secado en la estufa.



Figura N°28: Peso de la Probeta M.1.E.2.a después del secado en la estufa.



Figura N°29: Peso de la Probeta M.2.E.2.b después del secado en la estufa.



Figura N°30: Peso de la Probeta M.2.E.2.b después del secado en la estufa.



Figura N°31: Peso de la Probeta M.3.E.2.c antes del secado en la estufa.



Figura N°32: Peso de la Probeta M.3.E.2.c después del secado en la estufa.



Figura N°33: Peso de la Probeta M.1.E.3.a antes del secado en la estufa.



Figura N°34: Peso de la Probeta M.1.E.3.a después del secado en la estufa.



Figura N°35: Peso de la Probeta M.2.E.3.b antes del secado en la estufa.



Figura N°36: Peso de la Probeta M.2.E.3.b después del secado en la estufa.



Figura N°37: Peso de la Probeta M.3.E.3.c antes del secado en la estufa.



Figura N°38: Peso de la Probeta M.3.E.3.c después del secado en la estufa.



Figura N°39: Peso de la Probeta M.1.E.4.a antes del secado en la estufa.



Figura N°40: Peso de la Probeta M.1.E.4.a después del secado en la estufa.



Figura N°41: Peso de la Probeta M.2.E.4.b antes del secado en la estufa.



Figura N°42: Peso de la Probeta M.2.E.4.b después del secado en la estufa.

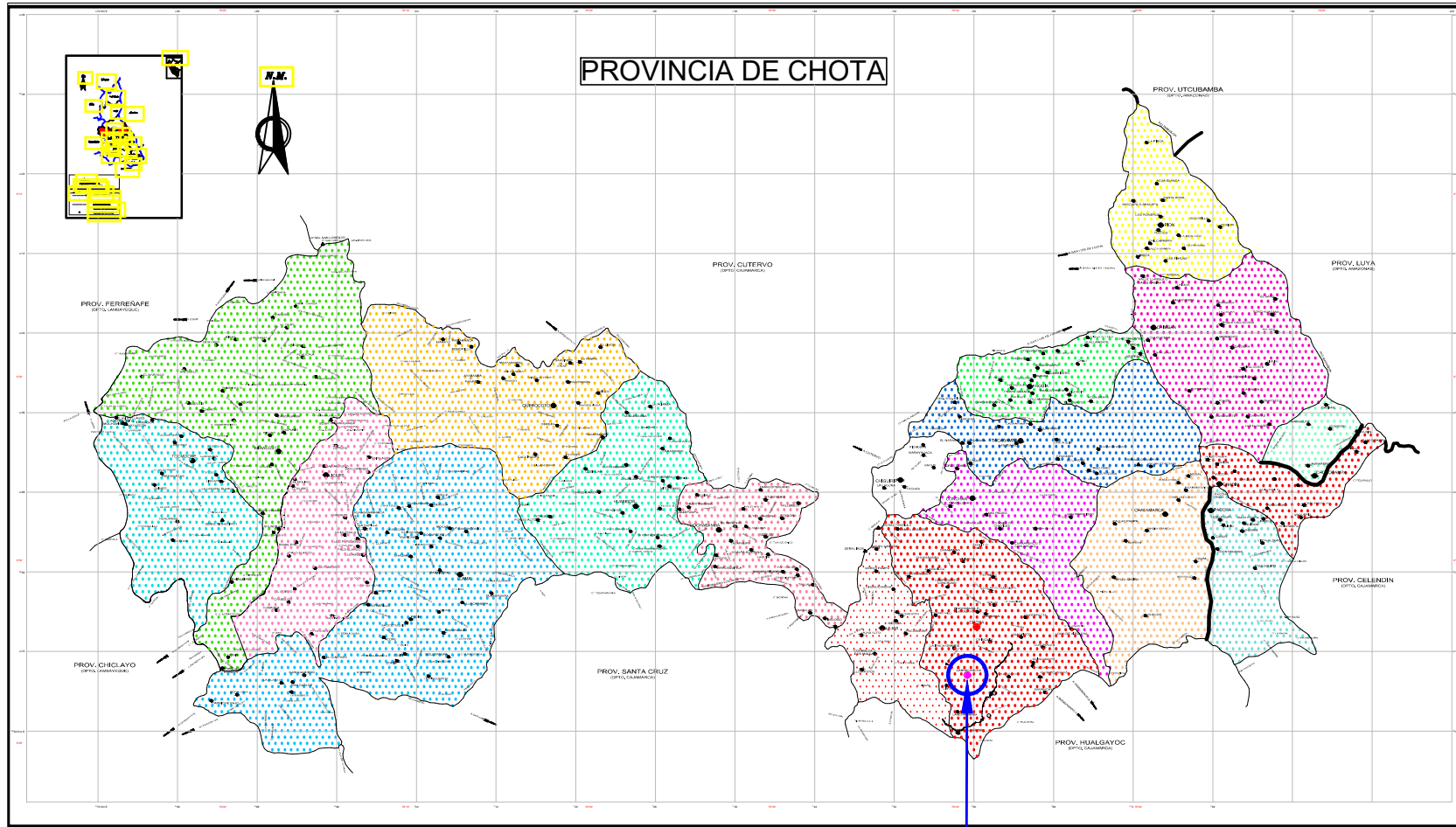


Figura N°43: Peso de la Probeta M.3.E.4.c antes del secado en la estufa.

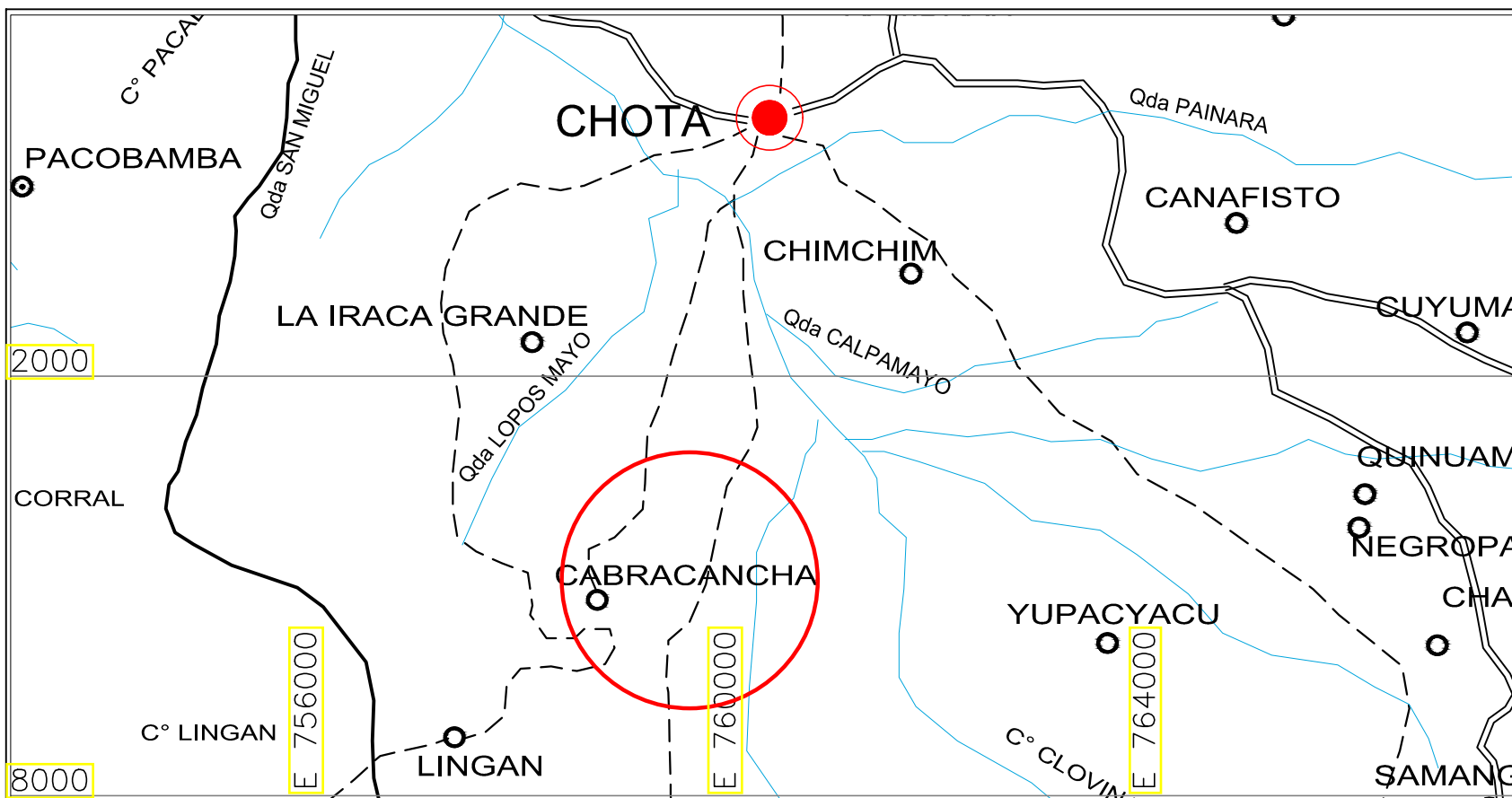
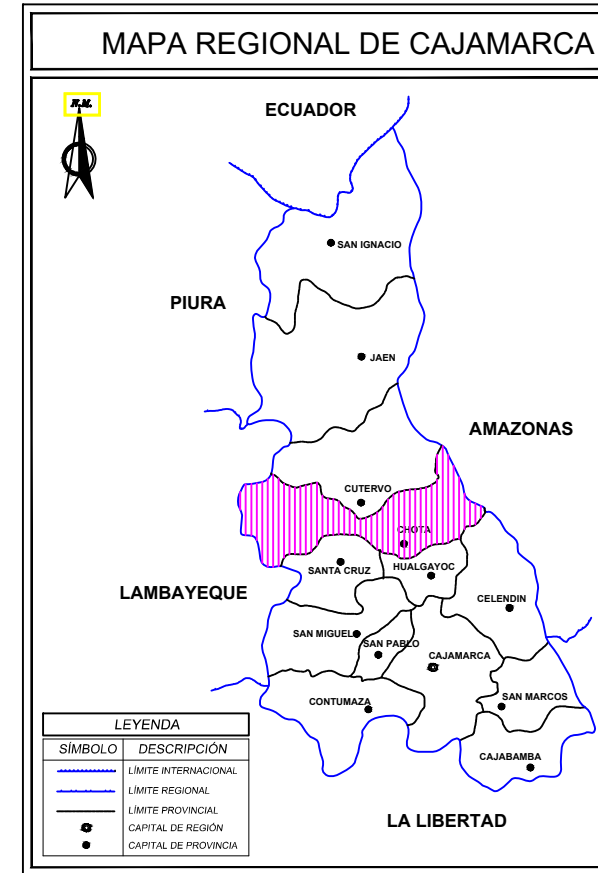


Figura N°44: Peso de la Probeta M.3.E.4.c después del secado en la estufa.

Anexo N° 6. Planos

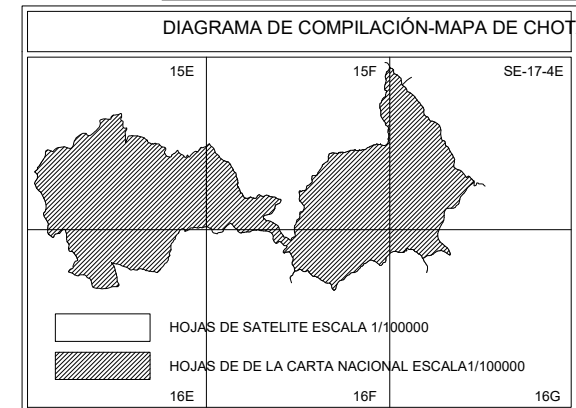


UBICACIÓN:
C.P CABRACANCHA - PROVINCIA DE CHOTA



Esc. 1:100

LEYENDA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
●	CAPITAL DE PAIS
●	CAPITAL DE REGION
●	CAPITAL DE PROVINCIA
—	LÍMITE INTERNACIONAL
—	LÍMITE REGIONAL
—	LÍMITE PROVINCIAL
—	CAMINO CARROZABLE
—	CAMINO DE HERRADURA
—	CURVAS DE NIVEL
—	CURVAS SUPLEMENTARIAS
—	RIO, QUEBRADA
—	SEÑAL GEODÉSICA, COTA
—	C.P. CON UBICACIÓN APROXIMADA



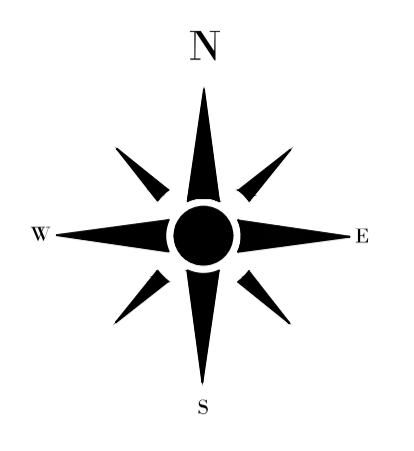
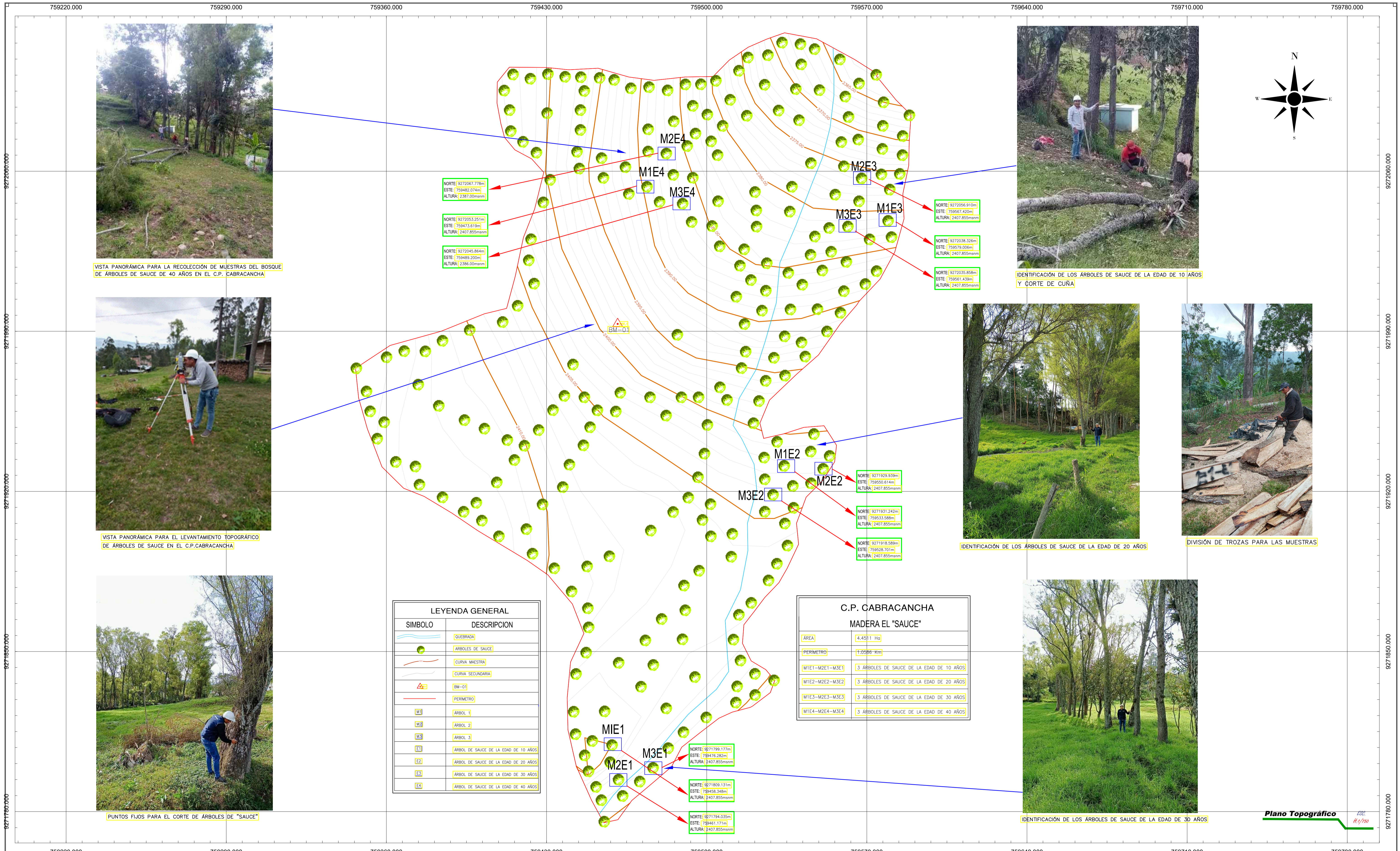
FUENTE.	
HOJAS CARTA NACIONAL IGN	CARTA 1/100000 HOJAS INGEMET
ESCALA 1/100000	- S.I.G. -
CUADRÍCULAS 15e, 15f	
16e, 16f, 16g	

GEOPLANOS	
TIPO DE DOCUMENTO	MAPA
DPTO.	CAJAMARCA
PROV.	CHOTA
ESCALA:	INDICADA
FECHA:	JUNIO DEL 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			
TESIS: EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA EDAD DEL ÁRBOL EN LOS ESFUERZOS ADMISIBLES DE LA MADERA EL SAUCE, C.P. CABRACANCHA, CHOTA.			
DEPARTAMENTO: CAJAMARCA	PROVINCIA: CHOTA	DISTRITO: CHOTA	LOCALIDAD: C.P. CABRACANCHA
PLANO: UBICACIÓN			
ASESOR: ING. JOSÉ LUIS SILVA TARRILLO			
FECHA: FEBRERO - 2020	ESCALA: INDICADA		
DIBUJO Y DISEÑO: BACH.ING. DARWIN JHOHAN BURGA BARBOZA			

U-1



VISTA PANORÁMICA PARA LA RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DEL BOSQUE DE ÁRBOLES DE SAUCE DE 40 AÑOS EN EL C.P. CABRACANCHA



IDENTIFICACIÓN DE LOS ÁRBOLES DE SAUCE DE LA EDAD DE 10 AÑOS Y CORTE DE CUÑA



VISTA PANORÁMICA PARA EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE ÁRBOLES DE SAUCE EN EL C.P. CABRACANCHA



IDENTIFICACIÓN DE LOS ÁRBOLES DE SAUCE DE LA EDAD DE 20 AÑOS



DIVISIÓN DE TROZAS PARA LAS MUESTRAS



PUNTOS FIJOS PARA EL CORTE DE ÁRBOLES DE "SAUCE"



IDENTIFICACIÓN DE LOS ÁRBOLES DE SAUCE DE LA EDAD DE 30 AÑOS

LEYENDA GENERAL	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	QUEBRADA
	ARBOLES DE SAUCE
	CURVA MAESTRA
	CURVA SECUNDARIA
	BM-01
	PERIMETRO
	ARBOL 1
	ARBOL 2
	ARBOL 3
	ARBOL DE SAUCE DE LA EDAD DE 10 AÑOS
	ARBOL DE SAUCE DE LA EDAD DE 20 AÑOS
	ARBOL DE SAUCE DE LA EDAD DE 30 AÑOS
	ARBOL DE SAUCE DE LA EDAD DE 40 AÑOS

C.P. CABRACANCHA MADERA EL "SAUCE"	
ÁREA	4.4511 Hq
PERIMETRO	1.0566 Km
M1E1-M2E1-M3E1	3 ÁRBOLES DE SAUCE DE LA EDAD DE 10 AÑOS
M1E2-M2E2-M3E2	3 ÁRBOLES DE SAUCE DE LA EDAD DE 20 AÑOS
M1E3-M2E3-M3E3	3 ÁRBOLES DE SAUCE DE LA EDAD DE 30 AÑOS
M1E4-M2E4-M3E4	3 ÁRBOLES DE SAUCE DE LA EDAD DE 40 AÑOS

Plano Topográfico
E.C.
H:1/750



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

TESIS: EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA EDAD DEL ÁRBOL EN LOS ESFUERZOS ADMISIBLES DE LA MADERA EL SAUCE, C.P. CABRACANCHA, CHOTA.

ASESOR: ING. JOSÉ LUIS SILVA TARRILLO

DIBUJO Y DISEÑO: BACH.ING. DARWIN JHOHAN BURGA BARBOZA

PLANO: PLANO TOPOGRÁFICO
CENTRO POBLADO DE CABRACANCHA
CHOTA - CAJAMARCA - PERÚ
REGION: CAJAMARCA LOCALIDAD: C.P. CABRACANCHA
PROVINCIA: CHOTA ESCALA: 1/750
DISTRITO: CHOTA FECHA: FEBRERO - 2020

LAMINA:
PT-01



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

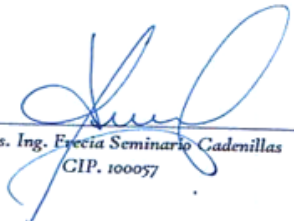


ACTA DE CONFORMIDAD

Chota, 22 de Diciembre del 2021.

Mediante la presente la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería da conformidad que el bachiller: **Darwin Jhohan Burga Barboza**, ha presentado la tesis denominada: **“DETERMINACIÓN DE LOS ESFUERZOS ADMISIBLES DE LA MADERA SAUCE “SALIX ALBA” EN RELACIÓN CON SU EDAD, C.P. CABRACANCHA, CHOTA, 2020”**, para la verificación de su contenido en el programa antiplagio Turnitin de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, indicando que la misma tiene un 81 % de originalidad, estando dentro de los límites permitidos, por tanto dando la autorización para que se continúe el proceso de sustentación final.

Sin otro particular.



M. Cs. Ing. Ezequiel Seminario Cadenillas
CIP. 100057

Jefe de la Unidad de Investigación FCI -UNACH