



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

Análisis del Comportamiento de las Propiedades físico-mecánicas de la madera Eucaliptus Glóbulos, tratada con Parafina, Cera de Abeja y Aceite de Cocina Usado (ACU) para uso estructural - Písac.

Ciencia y tecnología en el uso de materiales

Presentado por :
Bach. Royer Elwer Mansilla Gomez
(0009-0000-5388-3378)

**Para optar al Título Profesional de
Ingeniero Civil**

Asesor :
Ing. Robert Milton Merino Yépez
(0000-0002-1329-4218)

**CUSCO – PERÚ
2023**



Metadatos

Datos del autor	
Nombres y apellidos	Royer Elwer, Mansilla Gomez
Número de documento de identidad	73204503
URL de Orcid	https://orcid.org/0009-0000-5388-3378
Datos del asesor	
Nombres y apellidos	Mgt. Ing. Robert Milton, Merino Yopez
Número de documento de identidad	23836204
URL de Orcid	https://orcid.org/0000-0002-1329-4218
Datos del jurado	
Presidente del jurado (jurado 1)	
Nombres y apellidos	Mgt. Ing. Carmen Cecilia, Gil Rodriguez
Número de documento de identidad	
Jurado 2	
Nombres y apellidos	Mgt. Ing. Alain Elvis Alanoca Aragón
Número de documento de identidad	
Jurado 3	
Nombres y apellidos	Mgt. Ing. Nico Yheison, Gonzalez Mamany
Número de documento de identidad	
Jurado 4	
Nombres y apellidos	Mgt. Ing. Raul Tagle Sanchez
Número de documento de identidad	
Datos de la investigación	
Línea de investigación de la Escuela Profesional	Ciencia y tecnología en el uso de materiales



(página uno turnitin)

Comportamiento de las Propiedades físico-mecánicas de la madera Eucaliptus Glóbulos

por ROYER ELWER MANSILLA GOMEZ

Fecha de entrega: 04-oct-2023 10:09a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2185474508

Nombre del archivo: TESIS_ROYER_ELWER_MANSILLA_GOMEZ.pdf (5.48M)

Total de palabras: 67001

Total de caracteres: 298902

Ing Robert Merino Yopez



(página dos turnitin)

1

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:

Análisis del Comportamiento de las Propiedades físico-mecánicas de la madera Eucaliptus Glóbulos, tratada con Parafina, Cera de Abeja y Aceite de Cocina Usado (ACU) para uso estructural - Pisac.

Ciencia y tecnología en el uso de materiales

Presentado por :
Bach. Royer Elwer Mansilla Gomez
(0009-0000-5388-3378)

**Para optar al Título Profesional de
Ingeniero Civil**

Asesor :
Ing. Robert Milton Merino Yépez
(0000-0002-1329-4218)

CUSCO – PERÚ
2023

Ing Robert Merino Yépez



(página tres turnitin)

Comportamiento de las Propiedades físico-mecánicas de la madera Eucaliptus Glóbulos

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	12%
2	repositorio.uandina.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	repositorio.unal.edu.co Fuente de Internet	<1%
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
5	es.scribd.com Fuente de Internet	<1%
6	dspace.ucuenca.edu.ec Fuente de Internet	<1%
7	revistas.unicauca.edu.co Fuente de Internet	<1%
8	qdoc.tips Fuente de Internet	<1%
9	pt.slideshare.net Fuente de Internet	

Ing Robert Merino Yopez



(página cuatro turnitin)



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega:	ROYER ELWER MANSILLA GOMEZ
Título del ejercicio:	Comportamiento de las Propiedades físico-mecánicas de la ...
Título de la entrega:	Comportamiento de las Propiedades físico-mecánicas de la ...
Nombre del archivo:	TESIS_ROYER_ELWER_MANSILLA_GOMEZ.pdf
Tamaño del archivo:	5.48M
Total páginas:	184
Total de palabras:	67,001
Total de caracteres:	298,902
Fecha de entrega:	04-oct.-2023 10:09a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre...	2185474508

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

Análisis del Comportamiento de las Propiedades Físico-mecánicas de la madera Ecotipos-Gilgales, cultivada con Paratita, Cera de Abajo y Anillo de Caxta Uchú (ACU) para uso estructural - Pisco.

Ciencia y tecnología en el uso de materiales

Presentado por:
Royer Elwer Mansilla Gomez
(0909496326-1776)

Para optar al Título Profesional de
Ingeniero Civil

Años:
1º. Royer Elwer Mansilla Yopez
(0909496326-1776)

CUSCO - PISCO
2023

Derechos de autor 2023 Turnitin. Todos los derechos reservados.



Ing Robert Merino Yopez



Dedicatoria

Dedico mi tesis a cada uno de mis seres queridos, que han sido mis pilares de fortaleza para seguir adelante, y lo hago con mucho gusto, amor y esperanza.

A mi amada Madre Mery Gomez Quispe, por su fortaleza y la tenacidad necesaria para afrontar los altibajos de la vida.

A mi hermana Katherin Mansilla Gomez, por su fortaleza y su constante apoyo en la buenas y en las malas.

A mi querido sobrino Favio Raphael Nahuamel Mansilla, que ha sido una fuente de alegría para mí durante todo este proceso.



Agradecimientos

Ante todo, doy gracias a Dios por haberme permitido llegar a este punto de mi vida, así como a mis Formadores y otras personas sabias que se han esforzado por guiarme.

Agradecer a mis familiares, a mi madre Mery Gomez, a mi Hermana Katherin Mansilla y a toda mi familia en general.

Así mismo agradezco a mi asesor: Ing. Robert Milton Merino Yépez por su desinteresada colaboración y apoyo para el desarrollo de la presente investigación.

Agradecer a los docentes de la escuela profesional de ingeniería civil, por su inestimable ayuda para resolver las incertidumbres que surgieron a lo largo de esta investigación.

Agradecer a mis amigos que ayudaron durante el proceso de elaboración de la tesis prestándonos su apoyo y asesoramiento de la manera más eficaz.



Resumen

La presente tesis ha sido elaborada en la ciudad del Cusco, se analiza cómo varían las propiedades físico-mecánicas de la madera de eucaliptus glóbulos tratada con parafina, cera de abeja y aceite de cocina usado para uso estructural en Pisac. La aplicación se realiza por inmersión prolongada, el alcance de la investigación es descriptivo correlacional, busca especificar las propiedades físico-mecánicas de la madera que se someta a un análisis, que pretende medir y recoger información. El estudio es cuantitativo y aplicativo, el objetivo es demostrar experimentalmente los cambios en la madera en su estado natural como cuando es tratada. Se realizó un breve estudio del lugar identificando de que cumpla con las características, el estudio de la población se centró en el Distrito de Pisac y en la cuantificación se recogió un total de 720 muestras, Estas muestras se clasifican en cuatro grupos, 180 muestras en estado natural, 180 muestras tratadas con Parafina, 180 muestras con Cera de Abeja y 180 con Aceite de Cocina Usado. La madera fue cortada, transportada y almacenada de acuerdo a la Norma, las muestras fueron evaluadas en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Andina del Cusco. Se realizaron los siguientes Ensayos respectivos y se tuvo como resultado; las muestras de madera tratadas con parafina, Cera de Abeja y Aceite de Cocina Usado, presento una mejora significativa. En el ensayo de contenido de humedad, las muestras tratadas revelan resistencia a los agentes como hongos, polilla y entre otros. En el ensayo de dureza de Brinell, la madera exhibe la capacidad de soportar cargas y resistirlas eficazmente. En los ensayos de resistencia a la compresión paralelo y perpendicular al grano, resistencia al cizallamiento y resistencia a la flexión estática muestran que la madera Eucaliptus Glóbulos tratada con Parafina, Cera de Abeja y Aceite de Cocina Usado tiene una mejora significativa y pueden utilizarse con fines estructurales.

Palabras Clave: Propiedades físico-mecánicas, madera eucaliptus glóbulos, tratamiento parafina, cera de abeja, aceite de cocina usado.



Abstract

The present thesis has been elaborated in the city of Cusco, It intends to analyze how the physical-mechanical properties of the wood of eucalyptus globules treated with kerosene, beeswax and cooking oil used for structural use in Pisac vary. The application is done by prolonged immersion, the scope of the research is descriptive correlational, it seeks to specify the physical-mechanical properties of the wood that is subjected to an analysis, which aims to measure and collect information. The study is quantitative and applied, the objective is to demonstrate experimentally the changes in the wood in its natural state as well as when it is treated. A brief study of the place was carried out identifying that it complies with the characteristics, the population study was centered in the District of Pisac and in the quantification a total of 720 samples were collected. These samples are classified in four groups, 180 samples in their natural state, 180 samples treated with Paraffin, 180 samples with Beeswax and 180 with Used Cooking Oil. The wood was cut, transported and stored according to the Standard, the samples were evaluated in the laboratory of the Faculty of Engineering and Architecture of the Universidad Andina del Cusco. The following tests were carried out and the results were as follows: the wood samples treated with kerosene, beeswax and used cooking oil showed a significant improvement. In the moisture content test, the treated samples revealed resistance to agents such as fungi, moths and others. In the Brinell hardness test, the wood exhibits the ability to withstand loads and resist them effectively. In the tests of compressive strength parallel and perpendicular to the grain, shear strength and resistance to static bending show that Eucalyptus Globulus wood treated with Paraffin, Beeswax and Used Cooking Oil has a significant improvement and can be used for structural purposes.

Keywords: Physico-mechanical properties, eucalyptus globules wood, kerosene treatment, beeswax, used cooking oil.



Introducción

En los últimos años, la construcción en madera ha recibido una atención considerable y se ha convertido en un campo destacado y pionero. Se le atribuyen credenciales basadas en sus propiedades físico-mecánicas, que la hacen adecuada para aplicaciones estructurales.

La madera se considera un recurso natural sostenible y 100% renovable. Además, tiene un impacto negativo sobre el carbono. En la actualidad, los avances en la tecnología han facilitado productos de madera estructurales caracterizados por una mayor fiabilidad y rentabilidad, lo que permite a la madera competir con otros materiales alternativos utilizados en la construcción.

En la presente investigación se pretende evaluar el comportamiento de las propiedades físico-mecánicas de la madera de eucaliptus glóbulos tratada con una concentración de Parafina, Cera de Abeja y Aceite de Cocina Usado (ACU) para uso Estructural.

La investigación se centrará en la madera Eucaliptus glóbulos debido a su amplio uso en la construcción de viviendas rentables y respetuosas con el medio ambiente en Pisac. El objetivo principal es mejorar las propiedades estructurales de este material, facilitando así el desarrollo de viviendas con gastos reducidos en la construcción y el mantenimiento.

Esta investigación pretende examinar las cualidades de la madera de Eucaliptus glóbulos, tanto en su estado natural como con la incorporación de aditivos, para aplicaciones estructurales. Los aditivos utilizados para el tratamiento de la madera son de carácter comercial, los ensayos a evaluar se ajustan a las normas NTP E0.10 Madera. Los ensayos se realizaron en la Universidad Andina del Cusco.



Índice general

Dedicatoria	vi
Agradecimientos	vii
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
Introducción.....	x
Índice general.....	xi
Índice de tablas	xiv
Capítulo I: Planteamiento del problema.....	1
1.1. Identificación del problema.....	1
1.1.1. Descripción del problema.....	1
1.1.2. Formulación interrogativa del problema	2
1.2. Justificación e importancias de la investigación	3
1.2.1. Justificación técnica	3
1.2.2. Justificación social	3
1.2.3. Justificación por viabilidad.....	3
1.2.4. Justificación por relevancia	4
1.3. Delimitación del estudio.....	4
1.3.1. Delimitación espacial	4
1.3.2. Delimitación de la investigación	5
1.4. Objetivos de la investigación	5
1.4.1. Objetivo general	5
1.4.2. Objetivos específicos.....	5
Capítulo II. Marco teórico	6
2.1. Antecedentes de la investigación	6
2.1.1.1. Antecedentes a nivel nacional.....	6
2.1.2. Antecedentes a nivel internacional	8
2.2. Bases teóricas	10
2.2.1. Generalidades de la madera.....	10
2.2.2. Propiedades de la madera	19
2.2.3. Eucaliptus glóbulos	31



2.2.4. Influencia del Contenido de Humedad	34
2.2.5. Patología de la madera	34
2.2.6. Protección de la madera	36
2.2.7. Durabilidad natural e impregnabilidad de la madera.....	38
2.2.8. Revisión de medidas constructivas.....	39
2.2.9. Productos protectores	39
2.2.10. Técnica de tratamiento	45
2.2.11. Selección del tipo de protección.....	46
2.2.12. Mantenimiento de la madera	47
2.2.13. Reporte económico para el tratamiento de la madera eucaliptus glóbulos.....	48
2.2.14. Criterios estadísticos.....	48
2.3. Hipótesis.....	53
2.3.1. Hipótesis General	53
2.3.2. Hipótesis específicas	53
2.4. Definición de variables.....	53
2.4.1. Variables.....	53
2.4.2. Cuadro de operacionalización de variables.	55
Capítulo III: Método	56
3.1. Metodología de la investigación	56
3.1.1. Enfoque de la investigación.....	56
3.1.2. Nivel o alcance de la investigación	56
3.2. Diseño de la Investigación.....	57
3.2.1. Diseño metodológico.....	57
3.2.2. Diseño de ingeniería.....	57
3.3. Población y muestra	59
3.3.1. Población.....	59
3.3.2. Muestra.....	59
3.4. Instrumentos.....	61
3.4.1. Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos	61
3.4.2. Instrumentos de ingeniería	69
3.5. Procedimientos de recolección y análisis de datos.....	70



3.5.1. Procedimiento realizado para la recolección de datos	70
3.5.2. Toma de datos	83
3.5.3. Calculos vinculados con las pruebas de campo o laboratorio.....	103
3.5.4. Verificación	124
3.5.5. Prueba de hipótesis.....	131
Capitulo IV: Resultados	139
4.1. Resultado de las muestras de madera en estado natural y tratada con parafina	139
4.2. Resultado de las muestras de madera en estado natural y tratada con cera de abeja	140
4.3. Resultado de las muestras de madera en estado natural y tratada con ACU	141
4.4. Resultado de las muestras de madera sin tratar y con tratamiento.....	142
Capitulo V: Discusión.....	143
5.1. Contraste de los resultados obtenidos respecto a los antecedentes	143
5.2. Interpretación de los resultados encontrados en la investigación	144
5.3. Comentario de la demostración de la hipótesis.....	145
5.4. Aporte de la investigación.....	146
Conclusiones.....	148
Sugerencias.....	150
Referencias	152



Índice de tablas

Tabla N°01. Coordenadas geográficas.....	5
Tabla N°02. Tabla de Densidad Básica de la madera.	18
Tabla N°03. Tabla de Esfuerzos Admisibles.	18
Tabla N°04. Penetración y Método de tratamiento.....	47
Tabla N°05. Reporte económico.....	48
Tabla N°06. Tabla de evaluación critica de Chauvenet	51
Tabla N°07. Cuadro de Operacionalización de Variables	55
Tabla N°08. Dimensiones de las muestras para los ensayos.....	60
Tabla N°09. Cantidad de muestras para los ensayos	60
Tabla N°10. Guía de observación N°01 contenido de humedad de la madera.	63
Tabla N°11. Guía de observación N°02 densidad básica de la madera.	64
Tabla N°12. Guía de observación N°03 para la dureza por el método de Brinell.....	65
Tabla N°13. Guía de observación N°04 para resistencia a la compresión paralelo al grano.	66
Tabla N°14. Guía de observación N°05 para la resistencia a la compresión perpendicular al grano.	67
Tabla N°15. Guía de observación N°06 para la resistencia al cizallamiento paralelo al grano.	68
Tabla N°16. Guía de observación N°07 para la resistencia a la flexión estática.	69
Tabla N°17. Denominacion de las muestras de madera para cada ensayo.....	74
Tabla N°18. Toma de datos del ensayo de contenido de humedad de la madera en estado natural.....	83
Tabla N°19. Toma de datos del ensayo de contenido de humedad de la madera con parafina.....	84
Tabla N°20. Toma de datos del ensayo de contenido de humedad de la madera con cera de abeja	85
Tabla N°21. Toma de datos del ensayo de contenido de humedad de la madera con ACU.	86
Tabla N°22. Toma de datos del ensayo de densidad básica de la madera en estado natural.....	87
Tabla N°23. Toma de datos del ensayo de densidad básica de la madera con parafina.	88
Tabla N°24. Toma de datos del ensayo de densidad básica de la madera con cera de abeja.	89
Tabla N°25. Toma de datos del ensayo de densidad básica de la madera con ACU.	90
Tabla N°26. Toma de datos del ensayo de dureza por el método Brinell en estado natural.	91
Tabla N°27. Toma de datos del ensayo de dureza por el método Brinell con parafina.	92
Tabla N°28. Toma de datos del ensayo de dureza por el método Brinell con cera de abeja.....	93
Tabla N°29. Toma de datos del ensayo de dureza por el método Brinell con ACU.....	94
Tabla N°30. Toma de datos del ensayo de resistencia a la compresión paralelo al grano en estado natural	95



Tabla N°31. Toma de datos del ensayo de resistencia a la compresión paralelo al grano con parafina.	95
Tabla N°32. Toma de datos del ensayo de resistencia a la compresión paralelo al grano con cera de abeja.	96
Tabla N°33. Toma de datos del ensayo de resistencia a la compresión paralelo al grano con ACU.	96
Tabla N°34. Toma de datos del ensayo de resistencia a la compresión perpendicular en estado natural.	97
Tabla N°35. Toma de datos del ensayo de resistencia a la compresión perpendicular con parafina.	97
Tabla N°36. Toma de datos del ensayo de resistencia a la compresión perpendicular con cera de abeja.	98
Tabla N°37. Toma de datos del ensayo de resistencia a la compresión perpendicular con ACU.	98
Tabla N°38. Toma de datos de cizallamiento paralelo al grano en estado natural.	99
Tabla N°39. Toma de datos cizallamiento paralelo al grano con parafina.	99
Tabla N°40. Toma de datos de cizallamiento paralelo al grano con cera de abeja.	100
Tabla N°41. Toma de datos de cizallamiento paralelo al grano con ACU.	100
Tabla N°42. Toma de datos de resistencia a la flexión estática en estado natural.	101
Tabla N°43. Toma de datos de resistencia a la flexión estática con parafina.	101
Tabla N°44. Toma de datos de resistencia a la flexión estática con cera de abeja.	102
Tabla N°45. Toma de datos de resistencia a la flexión estática con ACU.	102
Tabla N°46. Cálculos del ensayo de contenido de humedad de la madera en estado natural.	103
Tabla N°47. Cálculos del ensayo de contenido de humedad de la madera con parafina.	104
Tabla N°48. Cálculos del ensayo de contenido de humedad de la madera con cera de abeja.	105
Tabla N°49. Cálculos del ensayo de contenido de humedad de la madera con ACU.	106
Tabla N°50. Cálculos del ensayo de densidad básica de la madera en estado natural.	107
Tabla N°51. Cálculos del ensayo de densidad básica de la madera con parafina.	108
Tabla N°52. Cálculos del ensayo de densidad básica de la madera con cera de abeja.	108
Tabla N°53. Cálculos del ensayo de densidad básica de la madera con ACU.	109
Tabla N°54. Cálculos del ensayo de dureza por el método Brinell en estado natural.	110
Tabla N°55. Cálculos del ensayo de dureza por el método Brinell con parafina.	111
Tabla N°56. Cálculos del ensayo de dureza por el método Brinell con cera de abeja.	112
Tabla N°57. Cálculos del ensayo de dureza por el método Brinell con ACU.	113
Tabla N°58. Cálculos del ensayo de resistencia a la compresión paralelo al grano en estado natural.	114
Tabla N°59. Cálculos del ensayo de resistencia a la compresión paralelo al grano con parafina.	115
Tabla N°60. Cálculos del ensayo de resistencia a la compresión paralelo al grano con cera de abeja.	115
Tabla N°61. Cálculos del ensayo de resistencia a la compresión paralelo al grano con ACU.	116



Tabla N°62. Cálculos del ensayo de resistencia a la compresión perpendicular al grano en estado natural.....	117
Tabla N°63. Cálculos del ensayo de resistencia a la compresión perpendicular al grano con parafina.	117
Tabla N°64. Cálculos del ensayo de resistencia a la compresión perpendicular al grano con cera de abeja.	118
Tabla N°65. Cálculos del ensayo de resistencia a la compresión perpendicular al grano con ACU.	118
Tabla N°66. Cálculos del ensayo de resistencia al cizallamiento paralelo al grano en estado natural.....	119
Tabla N°67. Cálculos del ensayo de resistencia al cizallamiento paralelo al grano con parafina.	120
Tabla N°68. Cálculos del ensayo de resistencia al cizallamiento paralelo al grano con cera de abeja.	120
Tabla N°69. Cálculos del ensayo de resistencia al cizallamiento paralelo al grano con ACU.	121
Tabla N°70. Cálculos del ensayo de resistencia a la flexión estática en estado natural.....	122
Tabla N°71. Cálculos del ensayo de resistencia a la flexión estática con parafina.	122
Tabla N°72. Cálculos del ensayo de resistencia a la flexión estática con cera de abeja.	123
Tabla N°73. Cálculos del ensayo de resistencia a la flexión estática con ACU.....	123
Tabla N°74. Datos de criterio de Chauvenet de contenido de humedad.....	124
Tabla N°75. Criterio de Chauvenet para el ensayo de contenido de humedad.	125
Tabla N°76. Datos de criterio de Chauvenet de densidad básica de la madera.	125
Tabla N°77. Criterio de Chauvenet para el ensayo de densidad básica.	126
Tabla N°78. Datos de criterio de Chauvenet de dureza por el método de Brinell.	126
Tabla N°79. Criterio de Chauvenet para el ensayo dureza por el método Brinell.	127
Tabla N°80. Datos de criterio de Chauvenet r. compresión paralela al grano.	127
Tabla N°81. Criterio de Chauvenet para el ensayo resistencia en la compresión paralelo al grano.	128
Tabla N°82. Datos de criterio de Chauvenet r. compresión perpendicular al grano.	128
Tabla N°83. Criterio de Chauvenet para el ensayo resistencia en la compresión perpendicular al grano.	129
Tabla N°84. Datos de criterio de Chauvenet r. al cizallamiento perpendicular al grano.	129
Tabla N°85. Criterio de Chauvenet para el ensayo resistencia al cizallamiento paralelo al grano.	130
Tabla N°86. Datos de criterio de Chauvenet de resistencia a la flexión estática.	130
Tabla N°87. Criterio de Chauvenet para el ensayo de resistencia la flexión estática.	131
Tabla N°88. Criterio de t de Student para el ensayo de contenido de humedad.	132
Tabla N°89. Criterio de t de Student para el ensayo de densidad básica de la madera.	133
Tabla N°90. Criterio de t de Student para el ensayo de dureza por el método Brinell.....	134
Tabla N°91. Criterio de t de Student para el ensayo de resistencia a la compresión paralela al grano.....	135
Tabla N°92. Criterio de t de Student para el ensayo de resistencia a la compresión perpendicular al grano.....	136



Tabla N°93. Criterio de t de Student para el ensayo de resistencia al cizallamiento paralelo al grano.....	137
Tabla N°94. Criterio de t de Student para el ensayo de resistencia a la flexión estática.....	138
Tabla N°95. Resultados de la madera en estado natural y la madera tratada con parafina.	139
Tabla N°96. Resultados de la madera en estado natural y la madera tratada con cera de abeja.	140
Tabla N°97. Resultados de la madera en estado natural y la madera tratada con aceite de cocina usado.	141
Tabla N°98. Resultados de la madera en estado natural y la madera tratada.	142



Índice de figuras

Figura N°01. Bosques de eucaliptos en el distrito de Pisac	1
Figura N°02. Ubicación del Distrito de Pisac (Cusco- Perú).....	4
Figura N°03. Partes de la madera	13
Figura N°04. Proceso de Corte de la madera.....	14
Figura N°05. Secado de la madera al aire.....	15
Figura N°06. Ejes de la madera	19
Figura N°07. Saturación de la Madera PSF.....	21
Figura N°08. Formula de la Densidad Básica.....	21
Figura N°09. Formula de Hardest Brinell.....	22
Figura N°10. Esquema del Método de Dureza de Brinell.....	23
Figura N°11. Formula de Compresión Paralela al Grano.	23
Figura N°12. Esquema de Compresión paralela al Grano	24
Figura N°13. Formula de Compresión Perpendicular al Grano.....	24
Figura N°14. Esquema de la Compresión Perpendicular al Grano	25
Figura N°15. Formula de Cizallamiento.....	25
Figura N°16. Esquema del Cizallamiento.....	26
Figura N°17. Formula de Flexión Estática	26
Figura N°18. Esquema de la Flexión Estática.	27
Figura N°19. Partes de un trozo de madero.	27
Figura N°20. Nodos sueltos de la madera.....	28
Figura N°21. Rajudas de la madera.	29
Figura N°22. Grieta de la madera.	29
Figura N°23. Fibra Inclínada de la madera.....	29
Figura N°24. Perforacion por Agentes excavadores.....	30
Figura N°25. Alabeo de una Madera.	30
Figura N°26. Colapso de Madera.	30
Figura N°27. Canto muerto de la Madera.....	31
Figura N°28. Arboles Eucaliptus Glóbulos.	31
Figura N°29. Dinteles de madera Eucaliptus Glóbulos (Pisac).	33
Figura N°30. Parafina en estado solido	42



Figura N°31. Cera de abeja.....	44
Figura N°32. Aceite de Cocina Usado.....	45
Figura N°33. Inmersión Prolongada.	46
Figura N°34. Formula media aritmética.	49
Figura N°35. Formula varianza.	49
Figura N°36. Formula Desviación Estándar.	50
Figura N°37. Formula Coeficiente de Variación.	50
Figura N°38. Formula Estadística de Chauvenet.....	51
Figura N°39. Estadístico de Prueba.	52
Figura N°40. Diseño de ingeniería	58
Figura N°41. Reconocimiento de las áreas forestales del distrito de Pisac.....	71
Figura N°42. Medición del diámetro de los árboles.	71
Figura N°43. Procedimiento de corte de los árboles.....	72
Figura N°44. Procedimiento con el aserradero en cortes para los ensayos.	72
Figura N°45. Almacenamiento de las muestras y dimensionadas para ser transportadas.....	73
Figura N°46. Rotulación de todas las muestras de madera en laboratorio.....	73
Figura N°47. Cambio de estado sólido a liquido de la parafina y la cera de abeja.	74
Figura N°48. Proceso de tratamiento con parafina y cera de abeja.....	75
Figura N°49. Proceso de secado de las muestras tratadas con parafina y cera de abeja.	75
Figura N°50. Proceso de tratamiento de las muestras con aceite de cocina usado.	76
Figura N°51. Medición de las muestras de madera en laboratorio.	76
Figura N°52. Verificación del contenido de humedad de las muestras de madera.	77
Figura N°53. Medición de las muestras y su ingreso al horno.....	78
Figura N°54. Retiro de las muestras para su pesaje correspondiente.....	78
Figura N°55. Procedimiento de la impresión en el equipo de Brinell.....	79
Figura N°56. Medición de huellas del equipo de Brinell.....	79
Figura N°57. Proceso de ensayo resistencia a la compresión paralela.....	80
Figura N°58. Proceso de ensayo de resistencia a la compresión perpendicular en las muestras de madera.	81
Figura N°59. Proceso de ensayo de resistencia al cizallamiento de la madera.	82
Figura N°60. Ensayo de resistencia a la flexion estatica de la madera.	82
Figura N°61. Madera en estado natural y madera tratada con parafina.	139



Figura N°62. Madera en estado natural y madera tratada con cera de abeja.	140
Figura N°63. Madera en estado natural y madera tratada con aceite de cocina usado.....	141
Figura N°64. Muestras de madera sin tratar y con tratamiento.....	142



Capítulo I: Planteamiento del problema

1.1. Identificación del problema

1.1.1. Descripción del problema

En las últimas décadas, los avances tecnológicos han contribuido significativamente al progreso del sector maderero, facilitando el uso generalizado de la madera como material de construcción.

Esta investigación se centrará en el distrito de Pisac, Provincia de Calca, Departamento de Cusco. Pisac es una zona arqueológica asociada a la civilización Inca, haciendo especial las características arquitectónicas de las viviendas, construidas en su mayoría de adobe. De acuerdo a los datos proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) en el censo nacional, se reporta que, en el distrito de Pisac, las viviendas, están construidas en su mayoría utilizando como material predominante de adobe que representan el 89,9%, Las construcciones de adobe están permitidas hasta dos niveles, de acuerdo con la tabla de zonificación sísmica, el departamento de Cusco se encuentra en la zona dos, de los cuales sólo pueden emplearse estructuras ligeras que no presenten fracturas ni otros fallos de deformación.

Figura N°01. Bosques de eucaliptos en el distrito de Pisac



Fuente: Marktucan Dreamstime.com

La mayoría de los habitantes de Pisac construyen sus casas con madera de Eucalipto. Según el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR), el departamento de Cusco presenta un notable predominio de las especies de Eucalipto y pino. El eucalipto se



utiliza para los componentes estructurales en las viviendas, como las vigas, las cerchas y los dinteles de puertas y ventanas. Esto se debe a que la madera de Eucalipto se puede encontrar en cantidades razonables por todo el distrito, ya que es fácil de extraer y tiene un precio accesible para la población.

Debido a que la madera Eucalipto es un material orgánico es propensa a sufrir cambios como consecuencia de diversas variables, como la humedad, los insectos que consumen la xilema, debido a estas causas, las propiedades físicas y mecánicas de la madera se degradan, lo que provoca fallas.

En esta investigación, la parafina, la cera de abeja y el aceite de cocina usado, se utiliza como aditivo en el proceso de tratamiento de la madera, y después se analizan las propiedades físicas y mecánicas del material con vistas a su posible uso en aplicaciones estructurales en la construcción de viviendas de bajo coste, seguras y respetuosas con el medio ambiente aprovechando los recursos accesibles y locales, garantizando la disponibilidad de la mayoría de los materiales y suministros necesarios para el proceso de construcción.

1.1.2. Formulación interrogativa del problema

1.1.2.1. Problema general

¿Cuál será el comportamiento de las propiedades físico-mecánicas de la madera de eucalipto glóbulos tratada con Parafina, Cera de Abeja y Aceite de Cocina Usado (ACU) Para uso estructural en Pisac?

1.1.2.2. Problemas específicos

Problema específico N°1. ¿Qué efecto tiene en las propiedades físico-mecánicas de la madera eucalipto glóbulos con Parafina?

Problema específico N°2. ¿Qué efecto tiene en las propiedades físico-mecánicas de la madera eucalipto glóbulos con Cera de Abeja?

Problema específico N°3. ¿Qué efecto tiene en las propiedades físico-mecánicas de la madera eucalipto glóbulos con Aceite de Cocina Usado (ACU)?



1.2. Justificación e importancias de la investigación

1.2.1. Justificación técnica

En este estudio de investigación se llevó a cabo en el ámbito de la Ingeniería Civil en la especialidad de Ciencia y tecnología en el uso de materiales, con el objetivo de analizar las propiedades del eucaliptus glóbulos con los aditivos. Para facilitar la utilización óptima de este material en la construcción. Se realiza los ensayos en el laboratorio para evaluar las propiedades físicas y mecánicas de la muestra de madera del eucaliptus glóbulos tratado con parafina, cera de abeja y aceite de cocina usado. Con el fin de obtener valores que nos ayuden a una mejor utilización y aprovechamiento de este material. La presente investigación representa una contribución al actual proceso de innovación en lo que respecta a los materiales y procesos que se emplearán en la integración de la madera en el sector de la construcción de uso estructural.

1.2.2. Justificación social

En el distrito de Pisac se utiliza ampliamente la madera eucaliptus glóbulos para construir viviendas de bajo coste y viviendas rústicas turísticas. Este material de construcción se atribuye a la accesibilidad, trabajabilidad y durabilidad de la madera. Por consiguiente, la mejora de las propiedades de la madera eucaliptus glóbulos ampliamente utilizado por la población, optimizaría la utilización del recurso forestal, a su vez, reduce los costes de adquisición del material y aumentara en la resistencia de sus elementos estructurales de las viviendas, dado su papel esencial en la promoción de la sostenibilidad.

1.2.3. Justificación por viabilidad

En la presente tesis, la viabilidad del estudio abarca la obtención de muestras. Para el proceso de pruebas la madera como material estructural, es necesario obtener permisos para realizar ensayos físicos y mecánicos. Estos ensayos deben realizarse con equipos respectivos y que cumplan las especificaciones en la NTP E0.10 Maderas. Los equipos del laboratorio de concreto y materiales de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Andina del Cusco, se encuentran en condiciones factibles para su uso. La accesibilidad en la obtención de datos en el material de investigación permite examinar y



estudiar las características físicas y mecánicas de la madera en estado natural y tratada con los aditivos.

1.2.4. Justificación por relevancia

La importancia de este estudio, radica en innovar en el uso de tecnologías novedosas en materiales de construcción, centrándose en alternativas rentables y sostenibles desde el punto de vista medioambiental, la investigación pretende mejorar la madera de eucalipto glóbulos, las propiedades físicas y mecánicas tratada con parafina, cera de abejas y aceite de cocina usado, prolongando la vida útil como elemento estructural. Esto se debe a que la madera es un material importante en la construcción de casas de adobe en el distrito de Pisac.

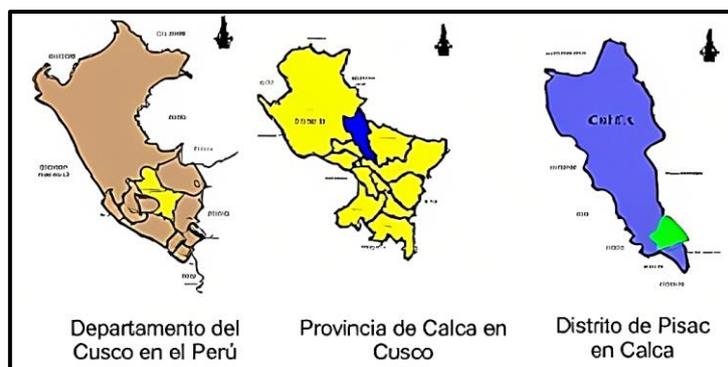
1.3. Delimitación del estudio

1.3.1. Delimitación espacial

El presente estudio se circunscribe geográficamente al distrito de Pisac, que es uno de los ocho distritos que conforman la Provincia de Calca. Se ha elegido este distrito como lugar de investigación. Limitada al Norte del Distrito de Coya, al oeste del Distrito de Taray y al este del Distrito de San Salvador.

El área geográfica comprendida por este distrito abarca 147,00 kilómetros cuadrados y tiene una altitud de 2,974 metros sobre el nivel del mar. El distrito cuenta con una población aproximada de 11,817 habitantes, con una densidad de 80,400 habitantes por kilómetro cuadrado dentro del área de Pisac. (INEI, 2017)

Figura N°02. Ubicación del Distrito de Pisac (Cusco- Perú)



Fuente: Revista Arqueológica Americana, Chalco Salas A (2019)



El distrito de Pisac, está situado en las Coordenadas Geográficas especificadas, como se ve en la siguiente presentación:

Tabla N°01. Coordenadas geográficas.

Latitud	-13.4211
Longitud	-71.8506
Latitud	13° 25' 16" Sur
Longitud	71° 51' 2" Oeste

Fuente: Elaboración Propia.

1.3.2. Delimitación de la investigación

La investigación actual se realizó en 2023 e incluye la creación y presentación del proyecto de tesis, experimentos de laboratorio y otras pruebas pertinentes. El proceso incluye el tratamiento con la aplicación de parafina, cera de abejas y aceite de cocina usado para de madera de eucaliptus glóbulos. Además, la recopilación y el análisis de datos, la incorporación de representaciones visuales y la presentación de los resultados de la investigación son componentes integrales de este estudio.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Analizar cómo varían las propiedades físico-mecánicas de la madera de eucaliptus glóbulos tratada Parafina, Cera de Abeja y Aceite de Cocina Usado (ACU) Para uso estructural en Pisac.

1.4.2. Objetivos específicos

Objetivo específico N°1. Analizar cómo varían las propiedades físico-mecánicas de la madera de eucaliptus glóbulos tratada con Parafina Para uso estructural en Pisac.

Objetivo específico N°2. Analizar cómo varían las propiedades físico-mecánicas de la madera de eucaliptus glóbulos tratada con Cera de Abeja Para uso estructural en Pisac.



Objetivo específico N°3. Analizar cómo varían las propiedades físico-mecánicas de la madera de eucaliptus glóbulos tratada con Aceite de Cocina Usado (ACU) Para uso estructural en Pisac.

Capítulo II. Marco teórico

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1.1. *Antecedentes a nivel nacional*

Antecedente nacional N°1. La investigación titulada: “Estructuras de madera aplicada al sector de la construcción en el Perú” cuyos autores son: Ordoñez García, Patricia Katherine y Lugo Chávez, Yessenia Katerine en abril del 2016 presentaron su investigación en Lima en la Universidad Pontificia Universidad Católica del Perú. Esta investigación tiene como objetivo explorar el comportamiento de un sistema estructural basado en madera pino radiata, considerando el limitado uso de la madera como material de construcción debido al desconocimiento de sus cualidades en el Perú. En la primera fase del presente estudio los especímenes de madera pino radiata fueron sometidos a ensayos mecánicos para evaluar sus propiedades de flexión, resistencia a la compresión en direcciones paralelas y perpendicular a la fibra, y resistencia al corte en dirección paralela a la fibra. Los presentes resultado, juntos con una evaluación del procedimiento de agrupación de maderas en Perú, han confirmado el potencial para categorizar esta especie en particular bajo la clasificación de la NTP E.010 Madera. Las cualidades mecánicas obtenidas fueron comparadas con las especies domesticas que exhiben características comparables. El objetivo de esta actividad fue estimular el desarrollo de nuevas especies que varíen de las comercializadas actualmente, mitigando así la tala selectiva y la potencial extinción de especies bien conocidas. En la segunda fase se evaluó el comportamiento sísmico de un prototipo de madera de tres pisos aplicándole la señal sísmica de mayo de 1970 cerca de Chimbote. Este prototipo se construyó con un sistema de entramado compuesto por marcos de pino radiata y paneles OSB (Oriented Strand Board) que se fijaron utilizando un esquema de sujeción particular. En esta fase, se pudo comprobar la excepcional resistencia a la carga horizontal cortante del entramado de madera debido al



seísmo. Por último, se modeló el sistema con el programa SAP 2000 para comprobar los resultados simulados con los experimentales (Ordoñez & Lugo, 2016)

Comentario. La relación con la presente investigación, es el estudio del comportamiento estructural de un tipo de madera. Ordoñez & Lugo, (2016) indica en su objetivo examinar el comportamiento de un sistema estructural con la madera pino radiata. en la presente tesis se analizará el comportamiento de la madera eucaliptus glóbulos con tratamiento para uso estructural. Además, Ordoñez & Lugo, (2016) en la primera fase realizó los ensayos mecánicos de compresión paralelo y perpendicular a la fibra, resistencia al corte y flexión estática. En la presente tesis en los ensayos mecánicos serán los mismos teniendo en cuenta ciertos criterios para la prueba.

Antecedente nacional N°2. La tesis denominada: “Evaluación comparativa de los efectos que produce el aceite requemado automotriz y cola sintética blanca en las propiedades físico mecánicas de la madera eucalipto glóbulos con contenido de humedad seco procedente de la zona de Paucartambo–Cusco aplicada por inmersión prolongada para uso Estructural” presentado por los Bachilleres Valencia Pezo, Jackeline Dayana y Sánchez Quispe, Brayan. Presentaron la tesis en el 2017 en la Universidad Andina del Cusco. El objetivo de este estudio es evaluar los efectos del aceite automotriz y cola sintética blanca sobre las propiedades físicas y mecánicas de madera de Eucaliptus Glóbulos con contenido de humedad seca de Paucartambo – Cusco, aplicada por inmersión prolongada para uso estructural. Las propiedades físico-mecánicas evaluadas fueron la densidad básica, la dureza, el cizallamiento paralelo al grano, la compresión perpendicular y la deformación estática, se utilizaron 360 especímenes. De 5 árboles extraídos de Paucartambo, se utilizaron 20 probetas para cada ensayo, totalizando 120 probetas por tratamiento con adhesivo sintético blanco, 120 probetas por tratamiento con aceite y 120 probetas sin tratamiento. En el análisis se utilizaron criterios estadísticos, incluido el criterio de Chauvenet que se utilizó para aceptar o rechazar los datos adquiridos. Las propiedades estructurales del Eucaliptus Glóbulos de la región de Paucartambo pueden ser mejoradas a través del tratamiento con cola sintética blanca y aceite automotriz, fueron superiores a los obtenidos para el Eucaliptus Glóbulos anhidro tratado con los mismos materiales. El rendimiento del aceite demostró ser mejor en comparación con la madera de Eucaliptos Glóbulos no tratada (Valencia & Sánchez, 2017)



Comentario. La relación con la presente investigación, es el uso de aditivos en la madera eucaliptus glóbulos, la evaluación de las propiedades físicas y mecánicas, para uso estructural. Valencia & Sánchez (2017) presenta su objetivo, la evaluación de los efectos que tiene los aditivos, cola sintética y aceite quemado automotriz en la madera, usaron la aplicación de inmersión prolongado. En la presente tesis se utiliza la parafina, cera de abejas y aceite de cocina usado como aditivos para el tratamiento de la madera. Valencia & Sánchez (2017) utilizaron el criterio estadístico de Chauvenet para aceptar y rechazar datos. así mismo en la investigación se usa el mismo criterio para validar los resultados obtenidos en el proceso de los ensayos.

2.1.2. Antecedentes a nivel internacional

Antecedente internacional N°1. La Tesis de Pregrado titulado: “Propiedades físico-mecánicas de uniones clavados y empernadas, sometidas a compresión, con madera tipo A, tipo B y tipo C: Guayacan, Eucalipto y Fernansanchez; para el diseño estructural de la cubierta del proyecto casa Montufar 623” los autores de la tesis en cuestión son: Espinoza Stead, Alejandro Josué y Salazar Murillo, Andrés Fernando en el año 2011 de la universidad Politécnica del Ejército Sangolquí Ecuador. El Objetivo general de este estudio es establecer las características físico-mecánicas de uniones clavadas y atornilladas expuestas a compresión utilizando maderas tipo A, B y C Guayacán, Eucalipto Glóbulos y Fernansanchez, así como la aplicación de los datos adquiridos en el laboratorio al diseño de la cubierta de la vivienda Montufar N°623. En los contenidos de humedad de las maderas investigadas son los siguientes: Guayacan tiene un contenido medio de Humedad de 16%. Eucaliptus glóbulos tiene un contenido medio de humedad del 25% y Fernansanchez tiene un contenido medio de humedad del 16%. Estos valores se utilizarán para ajustar las cargas admisibles a un contenido de humedad equivalente del 30% para la madera joven. En los experimentos de extracción de clavos, la madera de Guayacan demuestra un comportamiento superior, atribuido principalmente a su alta densidad. No se observaron daños en el clavo extraído a lo largo de las pruebas realizadas. Durante la prueba de resistencia lateral, se observó que el clavo experimentaba un fallo, pero la madera permanecía intacta. En las uniones empernadas fallo el elemento central, en este ensayo la madera cedió mientras que el perno no sufrió daño alguno, la carga a la dirección paralela de la madera tiende a resistir más. Las uniones clavadas se caracterizan por tener un fallo abrupto, los elementos extremos fueron expulsados, en ningún ensayo la madera



sufrió daño, los clavos sufrieron daños. La resistencia de los clavos se debe a la unión de los elementos. La conclusión más relevante es la cantidad de humedad que contiene la madera, influye directamente en sus propiedades físicas y mecánicas. Cuanto mayor sea el porcentaje de humedad, menos resistente será la madera (Espinoza & Salazar, 2011).

Comentario. La relación con la presente investigación, es el estudio de las propiedades físicas y mecánicas en la madera Eucaliptos Glóbulos. Espinoza & Salazar (2011) indica su objetivo general es el estudio de las propiedades físico-mecánicas en la madera de tipo Guayacan, eucaliptus y fernansanchez. en la presente tesis el objetivo general es analizar las propiedades físicas y mecánicas de la madera eucaliptus glóbulos, pero tratada con aditivos. Se toma en cuenta el proceso y resultados de los ensayos realizados en la tesis de Espinoza & Salazar, como indica en el contenido de humedad que la madera eucaliptus glóbulos tiene 25% teniendo como consideración el contenido de la humedad influye en la madera estudiada.

Antecedente internacional N°2. La investigación que lleva por título: “Manual para la protección contra el deterioro de la madera” el autor Dr. José Cruz de León, presento su investigación en el año 2010 en la universidad de Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en la Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera, país de México. Diversos factores, como la humedad elevada, los hongos, los insectos, los daños causados por las raíces de las plantas y la mala fabricación, pueden contribuir al deterioro de la madera. Este manual proporciona información que puede utilizarse con fines técnicos y científicos para utilizar la madera para muebles y la madera estructural para la construcción, así como para la renovación, rehabilitación, restauración, conservación y mantenimiento de estructuras. Además, se garantiza la calidad de la madera para muebles y de la madera estructural para la construcción. La práctica de aplicar compuestos químicos a la madera previamente instalada de diversas formas con el objetivo de reducir el impacto de los organismos causantes de la pudrición es lo que debe considerarse "preservación de la madera". En el proceso de preservación de la madera, no es factible garantizar ni la penetración completa del material en la madera, ni el porcentaje de protección que la sustancia proporcionará, ni el tiempo que la sustancia permanecerá en la madera. En la mayoría de los casos, el producto químico sólo permanecerá en la madera entre uno y tres años, lo que significa que será necesario repetir el tratamiento. El proceso de conservación de la madera implica la aplicación de compuestos a la madera de una determinada manera



antes de su instalación. Si se cuida adecuadamente, la vida útil de la madera puede aumentar considerablemente. Se considera que una pieza de madera está certificada como protegida si ha pasado por un procedimiento de conservación en una organización reconocida en el sector. Esto sugiere que la madera es un producto garantizado que está protegido contra los agentes que causan la degradación y no tiene defectos significativos que reduzcan su resistencia mecánica (Cruz de Leon, 2010)

Comentario. La relación que tiene con la presente investigación es la protección de la madera, el procedimiento para mejorar su resistencia e impedir daños por los agentes en este caso para el eucaliptus glóbulos. En este manual, Cruz de Leon (2010) también está basado en la protección de bosques, al igual de la presente tesis lo que se requiere es el uso la madera para reforestación del eucaliptus glóbulos en el distrito de Pisac. Cruz de Leon (2010) también indica que solo aplicación de sustancias químicas en la madera, en la tesis presente la parafina si es un aditivo químico por que proviene del petróleo, la cera de abeja es un aditivo de carácter natural es fabricado por las abejas, el aceite de cocina usado un aditivo reutilizable proviene de aceites vegetales, pero con su uso cambia sus propiedades. Cruz de Leon (2010) la construcción de viviendas con madera requiere poca energía de producción en comparación con otros materiales como el acero y el concreto. la madera reduce los daños al medio ambiente en las construcciones en el distrito de Pisac.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Generalidades de la madera

La madera es el componente fibroso de los árboles situado debajo la corteza, y entre sus principales cualidades se encuentran la heterogeneidad y la anisotropía. Como materia biológica, es un elemento susceptible a cambio y movimiento constantes, debido a que su estructura celular está expuesta a las fluctuaciones del clima, con el que está directamente asociada. Esto se debe a que su estructura celular es sensible a los cambios climáticos. Al adoptar un enfoque más profesional, es necesario que evaluemos las propiedades de la madera, que pueden variar significativamente en función de la especie, la variación y la sección del árbol que se utilice. Estas propiedades incluyen la resistencia, la durabilidad y la flexibilidad (Viña Rodríguez, 1997).



La madera siempre está predispuesta al ataque de insectos, hongos, moho y a la probable acción del fuego y los agentes climáticos, los cuales tienen el potencial de dañar su estructura en poco tiempo. Esto se debe a que la madera tiene una estructura orgánica y está en contacto directo con el medio ambiente. El uso de medidas de conservación y preservación, así como la selección de la madera para su ubicación en una temperatura o microclima, pueden aplazar el impacto de estos procesos destructivos, prolongando así la vida útil del material. Esto puede lograrse eligiendo la especie de madera adecuada para su ubicación (Viña Rodríguez, 1997).

2.2.1.1. La composición anatómica de la madera

Según (Campos Barrenton, 2021) el estudio de la anatomía de la madera permite adquirir conocimientos esenciales sobre las características estructurales de las maderas originarias de una determinada zona geográfica.

(Voigt, 2010) El autor destaca varios elementos, como la sequía, las inundaciones, la altura, la latitud, la formación del suelo, las fases sucesiones de la vegetación y la contaminación, pueden influir de forma sustancial en la composición anatómica de la xilema.

(Espinoza, 2001) El autor afirma que un conocimiento exhaustivo de la composición anatómica de la madera permite extraer conclusiones sobre sus características físicas y mecánicas, sus métodos de transformación y sus posibles aplicaciones. Se observa que existen una clara correlación entre densidad y el grosor de las fibras, lo que convierte a la densidad en la principal propiedad anatómica que influye significativamente en las cualidades de resistencia mecánica de la madera. Otros factores que tienen una relación inversa con la densidad y la resistencia mecánica son el diámetro, así como altura y la anchura de los radios.

(Espinoza, 2001) La utilización de la anatomía de la madera en las tareas e investigaciones, es ventajosa debido a los atributos distintivos que presentan los anillos de crecimiento, que sirve como un valioso y excepcional depósito de información, en particular, la anchura de los anillos de crecimiento puede cuantificarse fácilmente mediante una secuencia continua de incrementos anuales, y estas mediciones pueden correlacionarse eficazmente con los datos climáticos mediante procesos de calibración.



Los anillos de crecimiento pueden fecharse con precisión en los años exactos de su creación, lo que permite ubicar con exactitud la información climática en el tiempo.

2.2.1.2. Partes de la madera

A lo largo de su vida, el árbol se desarrolla de tal forma que produce muchas capas de cilindros y estratos concéntricos, partiendo de su núcleo y abriéndose camino hacia el exterior. Dentro de ellas, podremos identificar la estructura general, de acuerdo con la serie de capas que la componen, se segmentará de la siguiente manera: médula, duramen, albura, cambium, líber y corteza. (Viña Rodríguez, 1997)

Medula. Su diámetro puede alcanzar ocasionalmente 1.25 centímetros y se instala en la parte media del tronco. Se compone de un tejido blanco esponjoso que forma el tallo en sus primeras fases de crecimiento. Las capas posteriores que darán grosor al árbol seguirán perimetralmente a este tejido. Aunque normalmente es difícil diferenciar la zona medular en un corte de un árbol adulto, ocasionalmente es factible percibirla como una sección más pálida de unos pocos milímetros de grosor.

Duramen. Es la sección del tronco más sustancial en términos de grosor, densidad y peso. Se encuentra en el espacio entre la corteza y la albura. Se distingue por su tonalidad oscura, que es el resultado de los cambios químicos creados en el interior de las células como consecuencia de la edad y de la reducción del flujo de savia.

Albura. Otro nombre que recibe es sámag. Es la sección del tronco que está activa, y es de color claro. La savia bruta fluye por esta parte del tronco y en ella se almacenan los nutrientes. A medida que el árbol madura, las porciones de albura más próximas al tronco se transforman en duramen. La anchura de la albura oscila entre 1.25 y 5.00 centímetros.

Cambium. Es una capa tan fina que casi no se detecta, y su desarrollo es directamente responsable del aumento de la circunferencia del árbol. Como resultado de este proceso se producen dos tipos distintos de células: las células leñosas (xilema) que se encuentran en el centro del tronco y las células liberianas (floema) que se encuentran cerca del exterior y dan origen a la corteza.



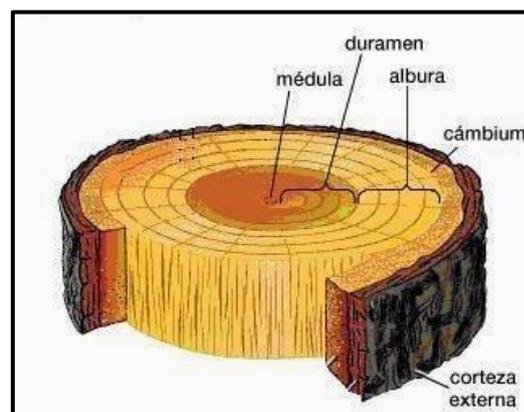
Líber. Esta establecido por las células del floema, producidas por la capa del cambium. Cumple las funciones conductoras de la savia producida y fluye hacia abajo desde las hojas para abastecer o almacenar las zonas activas donde se necesitan.

La corteza. Es la parte más expuesta del tronco y constituye la primera línea de defensa del árbol contra los cambios bruscos de temperatura y las posibles agresiones mecánicas del entorno. El grosor de la corteza varía de una especie a otra. El eucalipto, por ejemplo, tiene una capa de corteza muy fina, mientras que el pino canario tiene una corteza que puede alcanzar varios centímetros de grosor.

Anillos de crecimiento. A veces se denominan anillos anuales. Se distinguen entre sí por los distintos patrones de crecimiento que presenta el árbol a lo largo de las cuatro estaciones del año. Estos anillos serán evidentes del crecimiento constante a lo largo del año dependiendo del tipo de árbol y del entorno en el que crezca.

Radios medulares. Son una parte anatómica adicional que puede verse ocasionalmente, y también se conocen con el nombre de malla radial, el término se refiere al haz radial que producen cuando se ven en sección transversal.

Figura N°03. Partes de la madera



Fuente: Web de Eva Arnau.

La edad de un árbol puede determinarse examinando los anillos presentes en un corte transversal realizado en el tronco. Estos anillos se generan como resultado del desarrollo de una nueva capa de xilema.



Según (Viña Rodríguez, 1997) Las especies coníferas tienen una menor densidad de anillos de crecimiento en comparación con las especies frondosas. Determinados factores meteorológicos permiten saber cuándo hay sequía, lo que limita el crecimiento de la xilema. En cambio, cuando ha llovido lo suficiente, los anillos de crecimiento se extienden más entre ellos.

2.2.1.3. Proceso de obtención de la madera

El proceso de apeo corte y tala. Durante este procedimiento, los leñadores o un equipo de operarios se adentran en el bosque equipados con hachas o modernas motosierras eléctricas o de gasolina para talar los árboles. Posteriormente proceden a eliminar las ramas, las raíces y comienzan el proceso de descortezado para iniciar la fase de secado (Fritz, 2004).

Figura N°04. Proceso de Corte de la madera.



Fuente: Andina, Agencia de noticias

El proceso de secado de la madera. El proceso de secado de la madera para cada componente que cumple una función específica en el interior de una vivienda, ya que forma parte útil general de la estructura. de una vivienda residencial, varios componentes están integrados en la funcionalidad general de la estructura (Fritz, 2004).

El uso de la madera desecada ofrece una serie de ventajas, entre las que destacan las siguientes:

- La madera seca tiene mayores capacidades mecánicas que la madera verde.
- Mejora su estabilidad dimensional.



- Aumenta la capacidad de resistir la agresión de agentes nocivos como los hongos.
- Mejora la capacidad de retención de clavos y tornillos
- Disminuye significativamente su masa propia, lo que se traduce en una reducción de los costos de transporte y una mayor maniobrabilidad de la herramienta.
- Mejora la durabilidad y resistencia y adhesivos, pinturas y barnices.
- El material presenta una mayor ductilidad, lo que facilita los procesos de corte y de pulido.
- Mejora la eficacia de los conservantes líquidos cuando se administran mediante aplicación a presión.
- Mejora la integridad estructural de las uniones de madera encolada.

Proceso de secado de madera al aire. El proceso consiste en colocar la madera bajo cubiertas protectoras para proteger de la luz solar directa y facilitar al mismo tiempo la circulación del aire. El secado de la madera se produce como resultado de la condición de temperatura y humedad relativa del ambiente. Uno de los inconvenientes de este procedimiento es su carácter tardío e ineficaz (Fritz, 2004).

Para facilitar la exposición de la madera al aire y garantizar la correcta ejecución del proceso de secado, es necesario disponer de un patio. El método óptimo para secar la madera consiste en garantizar que haya suficiente circulación de aire alrededor de cada pieza de madera. El método óptimo para conseguir un secado rápido minimizando la aparición de grietas y alabeos se conoce como apilado en plano (Fritz, 2004).

Figura N°05. Secado de la madera al aire.



Fuente: Tulli hnos-maderas.



Defectos en el proceso de secado. Los defectos de secado se manifiestan como consecuencia de un proceso que induce tensiones internas en la estructura de la madera. Los defectos de secado más frecuentes son la curvatura, el alabeo, la torsión y el hundimiento (Fritz, 2004).

2.2.1.4. Composición química de la madera

La composición química de la madera se compone de un 50% de carbono, un 6% de hidrogeno un 42% de oxígeno, un 1% de nitrógeno y 1% de cenizas. La celulosa constituye alrededor del 50% de la composición de la madera, mientras la lignina constituye alrededor del 30%, presentando un mayor contenido de carbono y propiedades aromáticas. La parte restante de la madera está compuesta por hemicelulosa. La mayoría de los compuestos incluidos en esta sustancia están formados por lignina, los componentes restantes son hemicelulosas, tanino, colorantes, resinas, y albuminas. (Hernández & Salazar, 2005).

2.2.1.5. Los recursos forestales

Según (OSINFOR-Perú) (Organismo de Supervisión de los Recursos Forestales y de Fauna Silvestre) Los bosques tienen una importancia primordial como principal recurso natural renovable del Perú, que abarca dimensiones sustanciales y ejerce una influencia económica considerable. El país cuenta con una superficie forestal de más de 73 millones de hectáreas, lo que representa el 57% de su territorio nacional. Esto lo convierte en el segundo país de Sudamérica con mayor cobertura forestal.

En cuanto a su origen:

- Los bosques naturales son aquellos que se han originado de forma natural, sin intervención ni influencia humana. La superficie total cubierta por ellos asciende a 72,8 millones de hectáreas.
- Los bosques cultivados son los que se han establecido intencionalmente mediante plantaciones o reforestaciones. Su superficie total es de 300 mil hectáreas.

Según las regiones naturales:

- La región costera de bosques naturales, abarcan 1,87 millones de hectáreas, así como bosques explotados que cubren una superficie de 12 mil hectáreas.



- La región andina tiene bosques naturales que abarcan más de 0,7 millones de hectáreas, así como bosques desarrollados que cubren una superficie de 270 mil hectáreas.
- La amazónica cuenta con 70,2 millones de hectáreas de bosques naturales y 18 mil hectáreas de bosques cultivados.

En función de su idoneidad:

- Se refiere a las características propicias para la extracción de madera, permitiendo así la realización de actividades relacionadas con la madera. Los bosques en cuestión están situados dentro de zonas protegidas designadas, lo que obliga a evitar actividades humanas como la agricultura, la ganadería y la silvicultura (OSINFOR-Perú).

Interés social:

- Los bosques radican en la gran dependencia que tienen las comunidades humanas de los recursos forestales para multitud de fines, incluida la adquisición de diversos productos como leña, alimentos, medicinas y fibras. Además, los bosques tienen una importancia cultural para las comunidades indígenas, como las que residen en la región amazónica, ya que dependen de ellos para su sustento y sus prácticas culturales (OSINFOR-Perú).

Interés medioambiental:

- Abarca toda la gama de servicios medioambientales que ofrecen los bosques, como la protección del agua y de las cuencas fluviales, la preservación del suelo y la conservación de la variedad biológica, incluidas diversas especies de flora, animales, microbios y recursos genéticos. La preservación de los bosques es de suma importancia.
- El deterioro de los recursos forestales provoca una disminución gradual de la biodiversidad y la fertilidad del suelo, una reducción significativa de la capacidad de las montañas y los bosques para servir como fuentes de agua y mecanismos de regulación, y la expansión de desiertos en regiones extensas (OSINFOR-Perú).



2.2.1.6. Clasificación de grupos estructurales de las maderas

Según (Pique, 1984). La cantidad de especies maderables originarias de la región andina, muestran una idoneidad potencial para fines de construcción, es bastante extensa, superando el conocimiento y el uso existentes de especies específicamente designadas para esta aplicación en particular.

Existe una correlación entre las cualidades mecánicas, concretamente el esfuerzo de rotura por flexión, y la densidad básica. Por consiguiente, la clasificación de las especies en tres categorías distintas suele basarse en sus respectivas densidades de población. La delimitación de fronteras entre grupos se ha determinado teniendo en cuenta los factores de resistencia y rigidez.

Según la Norma Técnica Peruana E.010. Desde el punto de vista del comportamiento estructural, la elección de cualquiera tipo de madera una vez elegido. Es importante tener en cuenta que las maderas que pertenecen al mismo grupo estructural pueden no presentar sistemáticamente propiedades idénticas de trabajabilidad y durabilidad. Ambos materiales presentan una trabajabilidad comparable y poseen propiedades de durabilidad inherentes.

Tabla N°02. Tabla de Densidad Básica de la madera.

Grupo	Densidad Básica g/cm ³
A	≥0,71
B	0,56 a 0,70
C	0,40 a 0,55
D	0,36 a 0,39

Fuente: Norma E0.10 Madera.

Tabla N°03. Tabla de Esfuerzos Admisibles.

Grupo	Flexión f_m	Tracción Paralela f_t	Compresión Paralela $f_{c//}$	Compresión Perpendicular $f_{c\perp}$	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)	2,7 (28)	1,2 (12)
C	9,8 (100)	7,3 (75)	7,8 (80)	1,5 (15)	0,8 (8)
D	6,8 (70)	5,8 (60)	6,2 (63)	1,3 (13)	0,6 (6)

Contenido de humedad < 22%

Fuente: Norma E0.10 Madera



2.2.2. Propiedades de la madera

La madera que se obtiene mediante un procedimiento de aserrado suele denominarse pieza de madera y presenta características distintas (Galaz & Pérez, 2005).

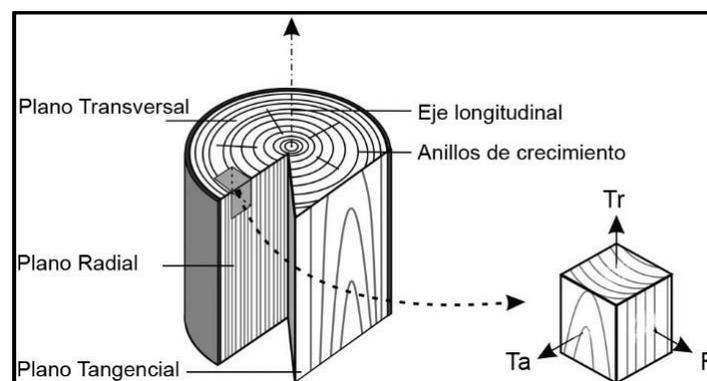
2.2.2.1. Propiedades básicas de la madera

Según (Galaz & Pérez, 2005) Independientemente de la especie concreta, la madera tiene características que la clasifican como sustancia biológica, anisótropa e higroscópica.

Material biológico. La biodegradabilidad de esta sustancia puede atribuirse a su composición mayoritariamente formada por moléculas de celulosa y lignina, que son susceptibles de degradación por hongos e insectos xilófagos y las polillas. Debido a este factor, es esencial que la madera se someta a un tratamiento de protección especializado para mejorar su durabilidad (Galaz & Pérez, 2005).

Material anisotrópico. El comportamiento físico y mecánico del material presenta resultados variados y distintos según el plano o dirección que se estudie en relación con la dirección longitudinal de sus fibras y anillos de crecimiento. Para conocer sus propiedades mecánicas, se observa que la madera presenta una resistencia mucho mayor, a lo largo del eje longitudinal en comparación con la dirección transversal. Como consecuencia del comportamiento estructural, se ha hecho imperativo crear: eje tangencial, radial y axial o longitudinal (Galaz & Pérez, 2005).

Figura N°06. Ejes de la madera



Fuente: El blog de químicas thai.



- El eje tangencial, como su nomenclatura indica, es tangencial a los anillos de crecimiento y está orientado perpendicularmente al eje longitudinal del componente. La dirección del objeto es perpendicular a su eje longitudinal.
- El eje radial es, los anillos de crecimiento y el eje radial son perpendiculares entre sí.
- El eje longitudinal es la alineación del eje longitudinal es paralela a la orientación de las fibras, por tanto, también es paralela al eje longitudinal del tronco. Es perpendicular al plano creado por los ejes tangencial y radial.

Material higroscópico. El organismo tiene la capacidad tanto de absorber como de liberar humedad en su entorno, fenómeno que depende de la temperatura y la humedad relativa en dicho entorno. Este comportamiento es el principal determinante y catalizador de las alteraciones dimensionales y estructurales de la madera (Galaz & Pérez, 2005).

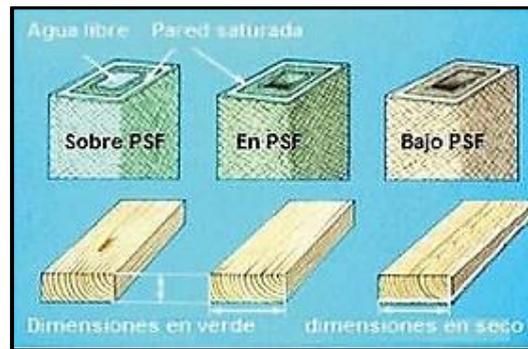
2.2.2.2. Propiedades físicas de la madera

Contenido de humedad. La madera retiene una cantidad sustancial de humedad. También conocida como savia incrustada, puede encontrarse dentro de las paredes celulares, mientras que el agua libre está presente dentro de las cavidades celulares. Para determinar el contenido de humedad de la madera, se usa la formula y el resultado es en porcentaje. (Perez & Ananias, 1993).

El contenido de agua de la madera puede fluctuar significativamente en función de factores ambientales como la humedad y la temperatura, tanto de forma natural como por exposición a circunstancias externas. Cuando se tala un árbol, la madera retiene una cantidad significativa de humedad que a menudo fluctúan en torno al 80%. En algunos casos, es posible supere el 100%. Esto significa que el peso del agua presente en la madera es superior al peso de la madera sin humedad. Por ejemplo, la madera secada al aire suele retener un contenido de humedad entre el 10% y el 15% de su peso total. Cuando la madera tiene un contenido alto de humedad llega a presentar problemas como la deformación entre otros, pero si la madera tiene un contenido bajo de humedad, tiene beneficios siendo es más rígida y fuerte. (Perez & Ananias, 1993).



Figura N°07. Saturación de la Madera PSF.



Fuente: Manual de Construcciones de Madera.

Densidad de la madera. La densidad de un cuerpo puede definirse como la relación entre su masa y su volumen. Se sabe que la madera presenta un comportamiento higroscópico, lo que significa que su masa y su volumen pueden variar a cambios en el contenido de humedad. Por ello, es fundamental especificar las condiciones concretas en las que se realizan las mediciones de densidad, (Perez & Ananias, 2011).

- Densidad Anhidra se refiere a la relación entre la masa y el volumen de la madera anhidra (totalmente seca).
- Densidad Normal se refiere a la correlación entre la masa y el volumen de la madera con un contenido de humedad del 12%.
- Densidad Básica se refiere a la correlación entre la masa anhidra y el volumen de la madera. Con una humedad relativa igual o superior al 30%.
- Densidad de Referencia es la relación entre la masa y el volumen de la madera con igual contenido de humedad. Según su densidad aparente, la madera se clasifica como pesada si el valor es superior a 0,8, ligera si el valor está entre 0,5 y 0,7, y muy ligera si el valor es inferior a 0,5.
- La madera cuando resulta con un valor alto significa que es más resistente y dura en cambio cuando la madera tiene un valor bajo, no es beneficioso

Figura N°08. Formula de la Densidad Básica

$$\text{Densidad Basica} = \frac{\text{Peso humedo} - \text{Peso seco}}{\text{Ancho} * \text{espesor} * \text{largo}}$$

Fuente: Pérez & Ananías.



Dureza. La resistencia al desgaste, al raspado, al clavado, al corte con herramientas y a otras formas de daño varía en función de la especie concreta de árbol. El duramen se caracteriza por un mayor nivel de dureza en comparación con la albura. La dureza de la madera seca es mayor que la de la madera verde (Camarena Tello, 2009).

De acuerdo con su nivel de dureza, la madera puede ser clasificada en:

- Maderas duras: Estos son los que vienen de árboles de crecimiento lento y hojas caducas, haciéndolas más densas.
- Maderas blandas: Las maderas provenientes de árboles coníferos presentan una menor densidad y a la vez mas livianas.
- Maderas semiduras: Varias maderas debido a sus diferentes densidades y resistencias, no se pueden clasificarse en las categorías anteriores.

Algunas especies de maderas duras y blandas presentan resistencias y características que las hacen más sencillas o más difíciles de trabajar; por lo tanto, la clasificación se basa en la accesibilidad o dificultad que las maderas en general presentan para el trabajo con herramientas.

Dureza por el método de Brinell. El ensayo de dureza de Brinell se utiliza para evaluar la resistencia a la penetración, mediante una máquina que incrusta una esfera dura en condiciones especificadas en la superficie sometida a ensayo, cuando se retira la carga, se mide el diámetro de la huella resultante (Camarena Tello, 2009).

Figura N°09. Formula de Hardest Brinell

$$\text{Dureza de Brinell}(BH) = \frac{2 * P}{\pi * D * (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Fuente: Pérez & Ananías

HB: Hardest Brinell (Dureza Brinell) kg/mm²

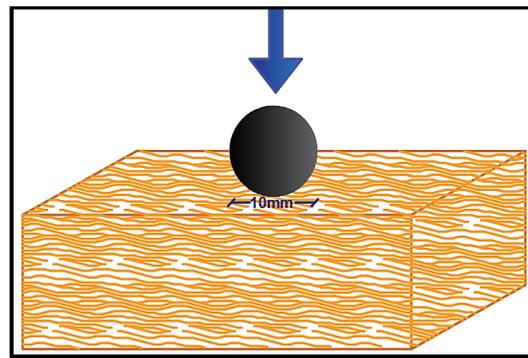
D: Diámetro de la Billa

d: Diámetro de la huella

P: Carga aplicada durante la prueba



Figura N°10. Esquema del Método de Dureza de Brinell



Fuente: Elaboración Propia

2.2.2.3. Propiedades mecánicas.

Las propiedades mecánicas de la madera son las que determinan su resistencia a las fuerzas externas. Se entiende por fuerza externa cualquier tensión que, actuando desde el exterior, modifica el tamaño, las dimensiones o deforma la pieza. El proceso de experimentación implica la realización de pruebas en un material determinado para determinar los distintos niveles de tensión que puede soportar.

Compresión paralela al grano. La madera es muy resistente a las fuerzas de compresión paralela al grano. Esto se debe a que las fibras están orientadas con su eje longitudinal en la misma dirección que la orientación de las microfibrillas que componen la capa intermedia de la pared celular. Este es el estrato más grueso de la fibra. Los postes, columnas y puntales están sometidos a los esfuerzos de trabajo por compresión paralela al grano. El ensayo principal de la madera es la compresión, a partir de la cual se puede deducirse de forma simplificada las demás propiedades mecánicas (Camarena Tello, 2009).

Figura N°11. Formula de Compresión Paralela al Grano.

$$\text{Esfuerzo a Compresion(//)} = \frac{P_{max}}{\text{Altura} * \text{Espesor}}$$

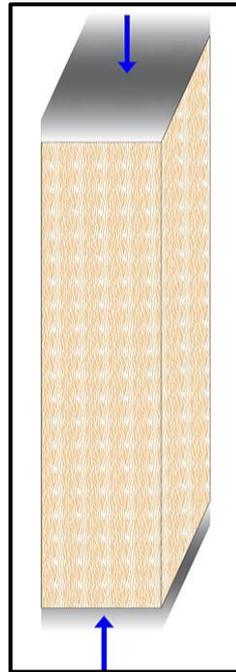
Fuente: Pérez & Ananías.

Pmax: Carga Ruptura kg

Area: Altura* espesor cm²



Figura N°12. Esquema de Compresión paralela al Grano



Fuente: Elaboración Propia.

Compresión perpendicular al grano. Las fibras están expuestas a un esfuerzo perpendicular a su eje, que tiende a comprimir las cavidades microscópicas que contienen. Esto permite cargar la madera sin que se produzca un fallo claramente identificable. A medida que aumenta la magnitud de la carga, el componente sufre una compresión que provoca el aplastamiento de pequeñas estructuras cilíndricas parecidas a fibras. Esta compresión provoca un aumento de la densidad de la pieza y, en consecuencia, mejora su capacidad para soportar cargas mayores. Este tipo de esfuerzos se presenta en zonas de apoyo de vigas, donde la carga se concentra en pequeñas superficies que deben ser capaces de transmitir la reacción sin deformaciones o compresiones significativas (Camarena Tello, 2009).

Figura N°13. Formula de Compresión Perpendicular al Grano.

$$\text{Esfuerzo a Compresion(//)} = \frac{P_{max}}{\text{Altura} * \text{Espesor}}$$

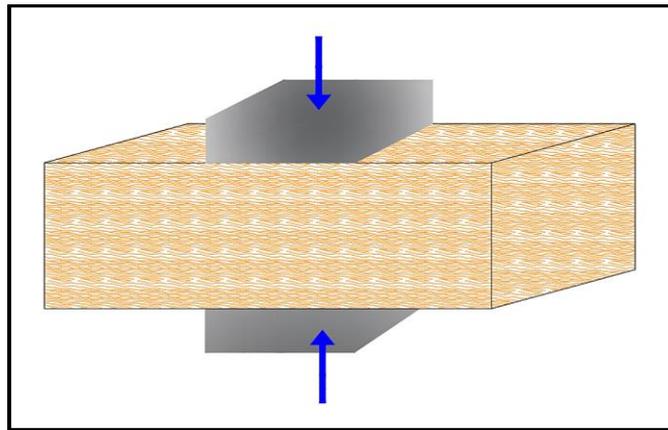
Fuente: Pérez-Peña, Valenzuel Diaz, & Ananías

Pmax: Carga de Ruptura kg

Área: Altura* espesor cm²



Figura N°14. Esquema de la Compresión Perpendicular al Grano



Fuente: Elaboración Propia

Cizallamiento paralelo al grano. El esfuerzo cortante surge en los elementos constructivos cuando están expuestos a flexión. Los cálculos teóricos de esfuerzos indican que las tensiones de cizalladura en un determinado lugar presentan magnitudes idénticas en las direcciones paralela y perpendicular al eje del elemento. Debido a su inherente falta de homogeneidad, la madera exhibe distintas resistencias al cizallamiento en varias direcciones, influidas sobre todo por la orientación de sus fibras a lo largo del eje longitudinal de la pieza (Camarena Tello, 2009).

Figura N°15. Formula de Cizallamiento

$$\text{Esfuerzo al Cizallamiento} = \frac{P_{max}}{\text{Altura} * \text{Espesor}}$$

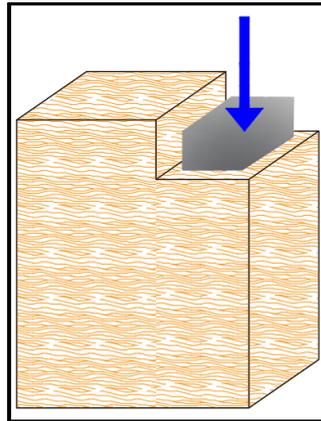
Fuente: Pérez-Peña, Valenzuel Diaz, & Ananías

Pmax: Carga de Ruptura kg

Área: Altura* Espesor cm²



Figura N°16. Esquema del Cizallamiento



Fuente: Elaboración Propia.

Flexión estática. La resistencia de la viga a una carga puntual aplicada en el centro de la luz es lo que determina la tensión en el límite de proporcionalidad. Los esfuerzos de flexión surgen en los cuerpos alargados en relación con sus dimensiones transversales cuando experimentan cargas transversales o normales a lo largo de su eje longitudinal, lo que provoca una tendencia a formar un arco. Un ejemplo ilustrativo corresponde al elemento estructural conocido como viga. El ensayo de flexión estática es un método utilizado para evaluar la capacidad de una viga para soportar una fuerza concentrada aplicada en el punto medio de su luz y separación entre apoyos, aplicada a la cara radial de la muestra (Cartagena, 2008).

(Cartagena, 2008). La flexión es un fenómeno mecánico que surge de la aplicación simultánea de tres fuerzas, tensión, compresión y cizalladura. Estos fenómenos dan lugar a la curvatura o distorsión del cuerpo, donde la región superior experimenta concavidad debido a la compresión, la región inferior exhibe convexidad debido a la tensión, y el plano neutro tiende a sufrir cizallamiento al deslizarse entre las dos presiones opuestas.

Figura N°17. Formula de Flexión Estática

$$\text{Flexión Estática} = 1.5 * \left(\frac{P_{max} * Luz}{Espesor * Altura^2} \right)$$

Fuente: Ananías

P_{max}: Carga kg

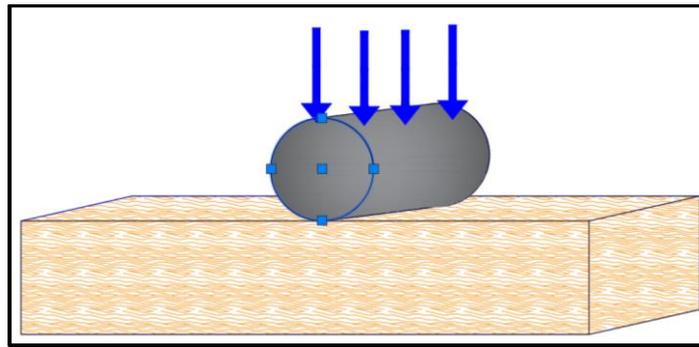
Luz: en cm

Espesor: en cm

Altura: en cm



Figura N°18. Esquema de la Flexión Estática.



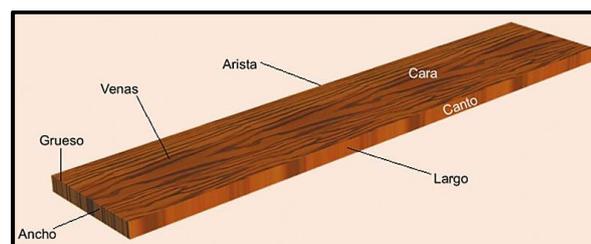
Fuente: Pérez-Peña, Valenzuel Diaz, & Ananías.

2.2.2.4. Geometría de un madero

Según (Cartagena, 2008) la geometría de la madera:

- **Arista:** La línea recta que interseca las superficies creadas por dos lados vecinos.
- **Cabeza:** Vista transversal de ambos extremos de un componente.
- **Cantos:** Es las superficies planas paralelas entre sí y al eje longitudinal. Además, hay superficies menores y normales presentes.
- **Caras:** Superficies planas más grandes que son paralelas entre sí y a la línea longitudinal de una pieza o a cada una de las superficies planas de una pieza de sección cuadrada.
- **Borde de una cara:** Sección de la superficie de una pieza que se extiende a lo largo de la pieza y está limitada en anchura por un borde y una línea imaginaria que discurre paralela al borde y se aleja un cuarto de la anchura de la pieza.
- **Zona central de la cara.** La parte de la cara que atraviesa una parte que está en el centro de la cara. Esta zona es la mitad de ancha que el resto de la parte.

Figura N°19. Partes de un trozo de madero.



Fuente: Editorial Teide.



2.2.2.5. Factores que influyen en la madera

Según (Fritz, 2004) los numerosos factores pueden influir en las propiedades mecánicas de la estructura inherente de la madera:

Defectos de la madera. Describe cualquier desviación en las propiedades físicas, químicas de la madera que repercuta en su resistencia o durabilidad, imponiendo restricciones a su uso o aplicación. El proceso de identificación de los defectos de la madera permite clasificarlo en función de sus características visuales o de su integridad estructural. También se establece una diferenciación entre los defectos que surgen del tratamiento de la madera como el secado y la transformación y los que son intrínsecos a la misma (Fritz, 2004).

Defectos propios de la madera. Los defectos determinan en qué medida altera las propiedades resistentes del material, más perjudiciales para la durabilidad y la resistencia son:

- **Nodos Suelos:** Los nudos son agrupaciones de tejidos que dan lugar a ramas, lo que provoca variaciones en la textura y heterogeneidad en la resistencia. Al secarse, estos nudos se separan, dejando en la madera huecos con una sección transversal algo redondeada.

Figura N°20. Nodos sueltos de la madera.



Fuente: Molduras-fbermejo.

- **Rajaduras:** Es la separación de fibras en el interior de la madera, que afecta a dos superficies opuestas o vecinas de una pieza dada.



Figura N°21. Rajudas de la madera.



Fuente: Madera Estructural, Le bois.

- **Grietas:** Es la separación de los elementos constitutivos de la madera cuya progresión no afecta a dos superficies opuestas o adyacentes de una pieza.

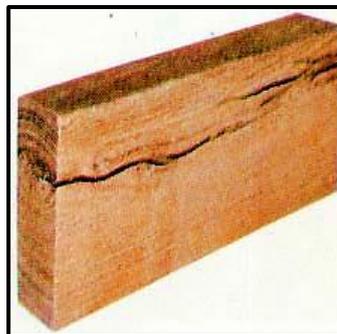
Figura N°22. Grieta de la madera.



Fuente: Restaurayrecupera.com.

- **Fibra Inclinada:** Es el desplazamiento angular de los componentes longitudinales de la madera, en relación con el eje longitudinal del material.

Figura N°23. Fibra Inclinada de la madera.



Fuente: Manual de clasificacion visual para madera estructural.

- **Perforación:** La presencia de insectos excavadores da lugar a galerías u otro tipo de agujeros. En cualquier caso, la madera que presente este defecto debe desecharse.



Figura N°24. Perforacion por Agentes excavadores.



Fuente: Islaplagas sanidad ambiental.

- **Alabeos:** La deformación que puede producirse en una pieza de madera a lo largo de sus ejes longitudinal y transversal, se manifiesta como acanaladuras, arqueamiento, curvatura y torsión, debido al proceso de un inadecuado secado.

Figura N°25. Alabeo de una Madera.



Fuente: Artericiclata- Madera.

- **Colapso:** Debido a la compresión de sus cavidades celulares, el proceso de secado provoca una reducción de las dimensiones de la madera por encima del límite de saturación de sus fibras. Este defecto es inaceptable en la madera, ya que puede afectar tanto a su resistencia como a su aspecto.

Figura N°26. Colapso de Madera.



Fuente: Santiago & Isaac 2017 madera aserrada.



- **Canto muerto:** El término "canto muerto" o "borde ausente" se refiere a la ausencia de madera a lo largo de uno o más bordes. La medida se toma en la arista, la longitud combinada.

Figura N°27. Canto muerto de la Madera.



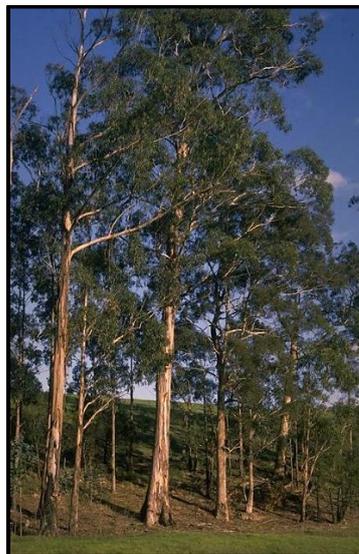
Fuente: Ecolam Madera Elaboradas.

2.2.3. *Eucaliptus glóbulos*

El Eucaliptus glóbulos, existe en diversas regiones del mundo, presenta una amplia diversidad de eucaliptos, estimándose entre 500 y 700 especies. Estas especies se caracterizan por poseer maderas con propiedades físicas y mecánicas.

Según (Balmelli, 1995) el eucalipto es actualmente la especie más distribuida en la zona andina. El árbol es originario de Australia y se cultiva de forma extensiva debido a sus notables atributos, como su rápido crecimiento, tamaño considerable y su madera, que, aunque no es de óptima calidad, se utiliza en la elaboración de vigas, columnas, tablas y otros componentes empleados en la construcción.

Figura N°28. Arboles Eucaliptus Glóbulos.



Fuente: Elaboración Propia.



La madera de eucalipto, está reconocido actualmente como la especie arbórea de mayor tamaño que habita en las zonas climáticas frías de los Andes tropicales. Un ejemplar puede superar los 50 metros de altura y poseer un diámetro de tronco de más de 3 metros y tiene un potencial de vida superior a los 100 años. Se ha visto que los monocultivos de eucalipto inducen la desecación del suelo y dificultan la proliferación de la flora, como consecuencia de sus vigorosos patrones de crecimiento y de la emisión de eucaliptol. Estas plantaciones han proporcionado madera y leña de rápido crecimiento a las poblaciones humanas, evitando así una mayor destrucción de los bosques restantes. La planta se utiliza a menudo por su sencillo proceso de cultivo, su rápido crecimiento y su impresionante capacidad de floración. Tiene una raíz muy robusta y agresiva, que protege excepcionalmente bien al árbol de los agentes atmosféricos. Sin embargo, si la planta de la que procede ha sido podada incorrectamente, el árbol no presenta resistente al viento, por lo tanto, se debe plantar adecuadamente y cultivarla. La especie es incapaz de tolerar la presencia de otras especies (Balmelli, 1995)

2.2.3.1. Clima para el eucaliptus glóbulos

El eucalipto tiene preferencia por regiones caracterizadas por una elevada humedad y ausencia de heladas. La plantación errónea de esta especie en regiones con niveles de precipitaciones más bajos provoca su vulnerabilidad a graves infestaciones durante periodos de sequía prolongada. Los daños por heladas son frecuentes cuando las temperaturas descienden por debajo de -3°C , existe la posibilidad de que los árboles mueran, sobre todo si estas condiciones persisten durante mucho tiempo. Cabe señalar que los árboles suelen tener una tolerancia limitada a la exposición prolongada a las heladas. Las plantas más jóvenes presentan vulnerabilidad al frío, las plantas que resisten al frío son cuando alcanzan una madurez de dos a tres años. Alcanzan a temperaturas máximo de 40°C . Los eucaliptos tienen un consumo de agua muy bajo por unidad de materia seca producida, sin embargo, sus errores de crecimiento contribuyen a un consumo final muy elevado de agua. La característica de alto consumo y su capacidad para soportar encharcamientos transitorios lo hacen idóneo para aplicaciones como el tratamiento de aguas residuales domésticas y la mitigación de masas de agua. (Balmelli, 1995).



2.2.3.2. Aplicación de la madera eucaliptus

El uso de la madera de eucalipto glóbulos, esta especie en particular es muy reconocida en el ámbito comercial debido a sus atributos favorables, su alta productividad y la producción de fibras de alta calidad, desde hace varios años, este tipo de madera se utiliza en la producción de tableros duros. La expansión de la especie de eucalipto ha mostrado interés en uso como recurso de madera maciza. La política forestal indica diversificar el uso del eucalipto, este propósito pretende promover un crecimiento más equilibrado y estable de los sectores implicados en la industria forestal maderera (Bermudez, 2002).

La madera de Eucaliptus Glóbulos se ha utilizado ampliamente en varias aplicaciones dentro de la región de Cusco. En estas aplicaciones, en el sector de la construcción se emplea la fabricación de puntales, cerchas, vigas, machihembrados, encofrados y otros componentes relacionados. La reforestación en la región de Cusco incluye el cultivo de eucalipto glóbulos, una especie arbórea capaz de propagarse con éxito. Esta iniciativa pretende cubrir extensas zonas de terreno con estos árboles.

Figura N°29. Dinteles de madera Eucaliptus Glóbulos (Pisac).



Fuente: Elaboración Propia.

2.2.3.3. Cualidades de la Madera Eucaliptus Glóbulos

Sus propiedades físicas y mecánicas se caracterizan por una alta anisotropía. El material presenta características de rendimiento favorables en los procesos de cepillado, torneado y taladrado, en este análisis, proporcionaremos los atributos clave de la madera. En cuanto a sus cualidades visuales, esta madera presenta un matiz y un tono claro que se asemejan mucho al roble. Por ello, a veces se la denomina "roble de Tasmania" en el



mercado mundial, el tronco se caracteriza por su estructura desafiante y cilíndrica, acompañada de una raíz capaz de penetrar a profundidades de hasta 10 metros (Bermudez, 2002).

2.2.4. Influencia del Contenido de Humedad

El Manual de la Madera (Keenan & Tejada, 1987) afirma que la resistencia de la madera disminuye con el aumento del contenido de humedad, correspondiendo un mayor contenido de humedad a una menor resistencia. El valor de humedad del 12% se considera como el valor de la madera seca al aire, mientras que el punto de saturación de las fibras podría considerarse del 30%.

2.2.5. Patología de la madera

A lo largo de la historia, el ser humano ha utilizado la madera como material principal para construir viviendas y fabricar diversas herramientas con las que mejoraron su calidad de vida. Los tipos específicos de estructuras empleadas dependían de factores como la ubicación geográfica, la temperatura y la abundancia de flora. El uso de un material fácilmente disponible, portátil y fácil de usar. Con el tiempo, la fascinación inicial por la madera no disminuyó, sino que se intensificó. Esto se debió a los notables atributos, como su gran resistencia mecánica, sus favorables propiedades acústicas y térmicas y su excepcional resistencia a la degradación con el paso del tiempo (Fritz, 2004)

El deterioro de la madera se debe sobre todo a factores externos, tanto abióticos como bióticos, más que a factores intrínsecos a su estructura y composición. Las patologías pueden tener un origen directo o indirecto: Las causas directas pueden incluir factores físicos, mecánicos y químicos. Las causas físicas se refieren a los efectos generados por los agentes atmosféricos o la contaminación del aire. Por otro lado, las causas mecánicas surgen de cargas mecánicas imprevistas ejercidas sobre los componentes. Por último, las causas químicas se producen como resultado de interacciones con otros materiales o contaminantes. Las causas indirectas de los problemas relacionados con la construcción pueden atribuirse a diversos factores, como defectos de diseño, errores de ejecución y deficiencias de material. Estos problemas surgen de errores en la selección o calidad de los materiales, especificaciones inadecuadas y desviaciones de la disposición según el plan del proyecto (Fritz, 2004).



2.2.1.1. Agentes destructores de la Madera

La madera, al ser una sustancia natural, tiene la propiedad inherente de la biodegradabilidad. Este atributo se ve potenciado por la influencia de varios factores, como la acción de organismos vivos o agentes no vivos. (Fritz, 2004).

Daños producidos por el agua. Cuando el agua entra en contacto con la madera, impregna las fibras y llena los poros tubulares. Una vez que los niveles de humedad alcanzan un rango del 25-35%, la madera experimenta cambios dimensionales, es decir se hincha y se deforma. El duramen es el principal afectado, con un impacto ocasional en la albura, lo que da lugar a condiciones favorables para el crecimiento de hongos de pudrición y la conservación del hábitat para agentes. El exceso de humedad en el interior de la madera contribuye a su degradación superficial, ya que se desarrollan micro fisuras debido a la expansión y contracción repetidas provocadas por los cambios en los niveles de humedad (Fritz, 2004).

Daños producidos por variaciones de temperatura. Debido a los recurrentes cambios dimensionales que se producen en las capas superficiales de los elementos exteriores, la humedad atmosférica provoca su deterioro. La madera tiene capacidad para soportar fluctuaciones de temperatura, siempre que dichos cambios se produzcan de forma gradual y progresiva. Por el contrario, si los cambios de temperatura se producen de forma rápida y brusca, la integridad estructural de la madera puede verse comprometida, con la consiguiente formación de grietas y fisuras. Estas aberturas pueden servir de vías para la entrada de humedad, creando así condiciones favorables para el crecimiento y la proliferación de hongos. (Fritz, 2004).

Para que los agentes biológicos crezcan y persistan, deben darse ciertas circunstancias, entre las que se incluyen los siguientes criterios:

- La temperatura necesaria para el desarrollo de la materia oscila entre 3° y 50°, siendo la temperatura óptima alrededor de 37 °C.
- La presencia de niveles de humedad que oscilen entre el 20% y el 140% puede hacer que la madera sea vulnerable a la infestación por hongos.



- El crecimiento del hongo se ve impedido cuando la humedad desciende por debajo del 20%, mientras que un nivel de humedad superior al 140% restringe su supervivencia debido a la insuficiente disponibilidad de oxígeno.
- Un suministro viable de oxígeno necesario para el sustento de las bacterias.

2.2.6. Protección de la madera

La madera, al ser una sustancia orgánica compuesta por celulosa y lignina, debido a su composición inherente, sirve de fuente de alimentación para muchas especies vivas pertenecientes tanto al reino vegetal, hongos, como al reino animal insectos, moluscos, crustáceos, aves, así mismo la celulosa es susceptible de ser atacada por determinadas sustancias químicas. (Vega, 2011)

2.2.6.1. Agentes degradadores

Por agente degradante se entiende cualquier factor que contribuya directa o indirectamente a la degradación o modificación de la madera. Los agentes se han clasificado en las siguientes categorías:

Agentes, atmosféricos o meteorológicos. Los principales agentes atmosféricos son el sol y la lluvia, que ejercen su influencia sobre la superficie de la madera y su revestimiento protector. La energía solar ejerce su influencia principalmente a través de las longitudes de onda ultravioleta e infrarroja, esta radiación induce la degradación de la lignina, la pérdida de cohesión de las fibras y la manifestación de un tono gris. El impacto de la lluvia sobre la madera expuesta tiene un resultado comparable pero opuesto al de la radiación infrarroja. (Vega, 2011).

Agentes, hongos. Los principales agentes bióticos responsables de la degradación de la madera incluyen organismos. La actividad de los hongos se produce sobre todo en la madera que está en contacto con el suelo, como postes y traviesas de ferrocarril o cuando se humedece debido a defectos de la construcción, como el empotramiento de las cabezas de las vigas en los muros. La actividad de los insectos xilófagos puede manifestarse en muchas circunstancias y niveles de humedad de la madera (Vega, 2011).



- **Insectos xilófagos:** El problema radica en la presencia de insectos individuales, se reproduce y vuelve a infestar la madera afectada. Los insectos pueden clasificarse en función de su ciclo biológico, siendo el ciclo larvario y los insectos sociales, Ejemplos de insectos pertenecientes a la categoría del ciclo larvario son las carcomas, mientras que las termitas son representativas de los insectos sociales, los ciclos biológicos de cada ser varían (Vega, 2011)
- **Insectos larvarios:** El crecimiento de los individuos está sujeto a diversas variables, hay especies de insectos que muestran especialización en maderas duras, mientras que otras muestran especialización en maderas blandas, y otras son capaces de atacar indistintamente ambos tipos de madera, el contenido de humedad de la madera varía, y los distintos organismos muestran diferentes preferencias por los niveles de humedad a los que se dirigen. Algunos organismos atacan específicamente la madera seca, mientras que otros se inclinan más por la madera húmeda (Schueftan & Gallardo, 2021).

Agente, fuego. La madera, por su composición de carbono, tiene la característica de ser una sustancia inflamable y vulnerable al deterioro causado por el fuego. El proceso de combustión de la madera implica la reacción química entre el carbono y el hidrógeno, constituyentes primarios de la madera, y el oxígeno, facilitada por la aplicación de calor. Esta reacción da lugar a la formación de dióxido de carbono y agua como productos principales (Schueftan & Gallardo, 2021).

Agentes de compuestos químicos. La madera es una sustancia que se caracteriza por su notable resistencia a una amplia gama de sustancias químicas (Schueftan & Gallardo, 2021).

- En el sector de la producción química, el duramen suele caracterizarse por una mayor resistencia en comparación con la albura debido a su mayor resistencia a la penetración.
- El fenómeno de aumento de dimensiones o hinchamiento de un material se caracteriza por un aumento de su contenido de humedad, lo que provoca un deterioro de sus características de resistencia.



- La estructura de la madera sufre alteraciones permanentes e irreversibles como consecuencia del cambio de determinados componentes en su interior

2.2.7. Durabilidad natural e impregnabilidad de la madera

El término "durabilidad natural" se refiere a la capacidad inherente de la madera para resistir el deterioro causado por los productos destructores de la madera. En el contexto del tejido leñoso, es posible distinguir entre dos zonas distintas: el duramen, situado internamente en el interior del tronco, y la albura, situada externamente, se distingue por alteraciones tanto anatómicas como químicas. Las alteraciones anatómicas en frondosas como en coníferas conducen a la obstrucción, total o parcial, de los tejidos conductores de la savia. Las alteraciones químicas son cuando se les infunden diversos compuestos naturales derivados de los árboles, como resinas, aceites, taninos, gomas, sustancias solubles, carbohidratos polisacáridos, alcaloides y otros. La oxidación de estos compuestos confiere a las células una tonalidad oscura, que se aprecia especialmente en algunas especies de coníferas (Moreno & Segienowicz, 2008).

La impregnabilidad es un proceso que proporciona protección a la madera contra los efectos perjudiciales de los hongos y los insectos xilófagos. Esta protección se consigue sellando y saturando eficazmente los tejidos de la madera con sustancias químicas que poseen propiedades antisépticas inherentes. El duramen no sólo tiene un tono más profundo en la mayoría de las especies, sino que también posee una mayor densidad y una mayor resistencia a la degradación biológica. Por el contrario, la albura suele tener un aspecto más claro, a veces con un tono blanco amarillento, presenta más porosidad y blandura, y posee menos valor para determinados usos. No obstante, a la hora de considerar su tratamiento, la albura suele ser más manejable y susceptible de diversos procedimientos de transformación y desintegración mecánica (Moreno & Segienowicz, 2008).

La capacidad de una especie para resistir la penetración de una sustancia líquida, como un conservante, en su interior es una medida de su impregnabilidad. En el contexto de los sistemas de tratamiento, cabe señalar que la cantidad de producto que se introduce en el material está íntimamente ligada a su estructura anatómica. Esta estructura abarca varios aspectos, como las dimensiones, la configuración y la densidad de las células dentro de un volumen determinado, así como su capacidad para facilitar el movimiento de fluidos. Es importante destacar que esta relación es válida para todos los sistemas de tratamiento.



Normalmente, la albura muestra una mayor susceptibilidad a la impregnación, independientemente de las características de su madera, aunque algunos casos pueden plantear dificultades a la hora de impregnar la albura (Moreno & Segienowicz, 2008).

2.2.8. Revisión de medidas constructivas

Estas acciones proactivas pretenden evitar un aumento adverso del nivel de humedad de la madera y mitigar el impacto directo de la luz solar y las precipitaciones. El primer factor que debe tenerse en cuenta al utilizar madera en la construcción es garantizar que su contenido de humedad se ajuste a las condiciones ambientales del uso previsto, mantener un contenido de humedad adecuado y garantizar una ventilación óptima son prácticas generalmente recomendadas para la conservación de la madera. Además, es importante tener en cuenta que cuando el nivel de humedad supera el 20-22%, existe una susceptibilidad potencial al deterioro causado por hongos de pudrición (Moreno & Segienowicz, 2008).

Estas medidas se refieren a la eliminación de la humedad procedente de las precipitaciones atmosféricas en diversas superficies, como tejados, aleros y carpintería exterior. También implican abordar la humedad en materiales adyacentes, como componentes de madera en contacto con suelos o paredes. Además, estas medidas pretenden evitar la formación de condensación y la introducción involuntaria de humedad a través de goteras, filtraciones, goteos y fuentes similares (Moreno & Segienowicz, 2008).

El objetivo es erradicar todas las fuentes de humedad no reguladas, incluso las situadas a una distancia considerable de la madera dañada, ya que algunos organismos xilófagos tienen la capacidad de desplazarla. Las posibles medidas tienen por objeto abordar eficazmente las siguientes acciones de, precipitaciones atmosféricas, cubiertas y aleros, carpintería exterior de madera: recubrimientos, suelos, ventanas, balcones y puertas, paso de humedad de los materiales colindantes a través del suelo, a través de los muros de apoyo y de vigas. (Moreno & Segienowicz, 2008).

2.2.9. Productos protectores

Los conservantes de la madera se componen de materias activas, agentes fijadores y disolventes. Los compuestos o principios activos poseen cualidades insecticidas o



fungicidas y se inmovilizan en el interior de la madera mediante agentes fijadores. Tanto las sustancias activas como los agentes fijadores se introducen en la madera utilizando un disolvente (Schueftan & Gallardo, 2021).

Sus principales atributos son los siguientes:

- La eficacia contra el agente degradante debe evaluarse, debe estar respaldada por un resultado de ensayo de laboratorios acreditados.
- La durabilidad del producto, una protección duradera a la madera durante un tiempo determinado. Hay que tener en cuenta que ciertos productos ofrecen una protección temporal de la madera.

El fabricante debe proporcionar información exhaustiva sobre un producto de protección debido a la multitud de variables que influyen o determinan sus características. Estas variables incluyen la composición del producto, la forma de presentación líquido, polvo, pasta, cartuchos, gas. Los productos de protección pueden clasificarse en función de su composición química, que incluye agentes activos, disolventes y fijadores (Schueftan & Gallardo, 2021).

- Los protectores hidrosolubles consisten en sustancias activas en forma de sales minerales, que se disuelven en una solución acuosa a una determinada concentración.
- Los protectores hidro dispersables son sustancias que contienen compuestos orgánicos sintéticos de solubilidad limitada en agua, para mejorar su dispensabilidad en agua, se utiliza un emulsionante en la formulación, lo que da como resultado un producto bien disperso.
- Los protectores mixtos están formulados con una combinación de sales minerales y sustancias sintéticas que se disuelven en agua.
- Protectores orgánicos naturales, son productos de origen natural sin un cambio químico.

2.2.9.1.Parafina:

El término "parafina" compuestas por hidrocarburos combinados. Estas sustancias sólidas se caracterizan por su falta de olor y su incapacidad para mezclarse con el agua. La destilación del petróleo, es el primer paso en la fabricación de la parafina. Tras calentarse



a una temperatura elevada durante el proceso de destilación, estos componentes se dejan enfriar hasta que la parafina cristaliza. Su estructura está compuesta de $C_{18}H_{38}$ hasta $C_{35}H_{72}$. Sin embargo, es importante tener en cuenta que, en algunos casos, la parafina también puede fabricarse a partir de carbón vegetal. A. Abraham Gensner, geólogo, se le atribuye el mérito de ser la primera persona que logró destilar petróleo en parafina en el año 1807. Al principio, su fabricación era costosa con el tiempo, es más rentables. (Pérez, 2013)

Propiedades físicas de la parafina

- **Densidad:** 0.8 g/cm³ - 0.9 g/cm³.
- **Punto de fusión:** 65°C - 80°C.
- **Punto de ebullición:** 370°C - 400°C.
- **Solubilidad:** Es soluble en disolventes orgánicos, como la gasolina ligera, el benceno, la acetona, el cloroformo, el éter etílico, el disulfuro de carbono, el dicloroetano, el alcohol etílico caliente y el aceite cuando se calientan, pueden disolverlo bien. No se disuelve en agua.

Propiedades mecánicas de la parafina

- **Dureza:** 0.2MPa - 0.3MPa.
- **Módulo de elasticidad:** 0.1GPa - 0.2GPa.
- **Coefficiente de fricción:** 0.1- 0.2.

Propiedades químicas de la parafina

- **Oxidante:** La parafina presenta un notable grado de inercia química y una excepcional resistencia a la oxidación.
- **Carburante:** Cuando se calienta a más de 90°C, la parafina en el aire empieza a subir rápidamente sin hervir y cuando los vapores densos de la parafina se calientan a 120-150°C entran en contacto con el aire, se encienden.
- **Impermeable:** Es impermeable a los líquidos y repele el agua, por lo que permanece seco incluso sumergido.



Características de la parafina:

- Puede mantener un alto rendimiento térmico, su combustión es limpia, su volatilidad es menor que la de la gasolina
- En su forma líquida, la cera de parafina es transparente, carece de color y tiene una consistencia aceitosa.
- No tiene sabor ni olor mientras está a temperatura ambiente, pero una vez que se calienta, emite un olor que recuerda al petróleo y que algunas personas consideran ofensivo.

Usos de la parafina en la madera:

- La parafina se utiliza a menudo en la impermeabilización de las maderas expuestas a la intemperie y de la putrefacción. Protege contra el rápido secado de la madera y como consecuencia, la aparición de grietas o fisuras en la madera. (Jiménez, 2017)

Figura N°30. Parafina en estado solido



Fuente: Artstore Perú.

2.2.9.2.Cera de abeja:

La cera de abejas es un producto que se obtiene de las colmenas de las abejas, es natural por que están fabricadas por las mismas abejas que suelen tener forma hexagonal. La cera, que es sólida a temperatura ambiente, se ablanda y se vuelve flexible cuando se calienta a 32 grados Celsius o más. (Vit, 2005).



Propiedades físicas de la cera de abeja:

- **Densidad:** La cera de abejas tiene una densidad de 0,96 gramos por centímetro cúbico.
- **Puntos de fusión:** El punto de fusión de la cera de abeja puede oscilar entre 62 y 65 grados Celsius.
- **Solubilidad:** No es posible disolver la cera de abejas en agua ni en alcohol frío, pero es moderadamente soluble en alcohol caliente y éter, y es completamente soluble en grasas calientes, aceites etéricos, benceno caliente, cloroformo y aceite de terebinto.

Propiedades mecánicas de la cera de abeja:

- **Resistencia a la tracción:** la cera de abeja tiene una resistencia de 0.9 mega pascales.
- **Módulo de Young:** el módulo de Young de la cera de abeja es de 0.2 giga pascales.

Propiedades químicas de la cera de abeja:

- La cera de abejas es un material polifacético y único en su género, formado por más de 250 tipos diferentes de compuestos químicos. Algunos de estos compuestos químicos son aglutinantes, ácidos, poliésteres y alcanos de cadena larga.
- El hentriacontano es responsable de la impermeabilidad de la cera de abejas al agua, así como de su estabilidad.

Características de la cera de abeja:

- Las glándulas ceríferas de las abejas liberan esta sustancia, que es de color blanco lechoso por primera vez, pero se vuelve amarilla a medida que envejece. Las ceras más antiguas son más oscuras. Debido a su naturaleza flexible y a su bajo punto de fusión, las abejas obreras de la colmena pueden darle forma de panal con facilidad (Alberto, 2020).

Usos de la cera de abeja en la madera:

- En el campo de la carpintería, la cera de abeja se utiliza tanto para preservar como para nutrir la madera. Cuando la cera de abejas se aplica a la madera en forma



líquida y luego se deja secar, crea una capa protectora sobre la madera que ayuda a evitar que ésta absorba agua y previene la aparición de moho y hongos. También existe la posibilidad de utilizar cera de abejas para dar un acabado natural a los muebles de madera. La aplicación de la cera de abejas es sencilla y no incluye productos químicos perjudiciales para el medio ambiente o peligrosos. (Vit P, 2005)

Figura N°31. Cera de abeja



Fuente: Panalcito de miel UENI

2.2.9.3. Aceite de cocina usado (ACU)

Producto derivado de vegetales compuesto principalmente por glicéridos de ácidos grasos, la mayoría de los cuales son triglicéridos, y cuyas propiedades fisicoquímicas han sido alteradas como resultado de su exposición a los procesos de cocción utilizados en hogares. El aceite de cocina usado, también conocido como ACU, es principal fuente de contaminación de las aguas residuales urbanas al ser arrojado por el desagüe (González & González, 2015)

Propiedades físicas del aceite de cocina usado:

- **Densidad:** La densidad del aceite de fritura usado es de 0,92 gramos por centímetro cúbico.
- **Viscosidad:** El aceite de cocina usado tiene una viscosidad mayor que el aceite fresco.
- El aceite de cocina usado o viejo puede contener contaminantes y trozos de comida, que pueden influir en el aspecto y la consistencia del aceite.



Propiedades mecánicas del aceite de cocina usado:

- El aceite de cocina usado es un residuo que, si no se manipula adecuadamente, puede causar daños al medio ambiente. En cuanto a sus cualidades mecánicas, no es un tema que se aborde a menudo.

Propiedades químicas del aceite de cocina usado:

- **Oxidación:** Es un producto que es tóxico por los cambios de las propiedades.
- **Ácidos grasos:** el aceite de cocina usado incluye ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados, ambos menos estables a medida que aumenta la temperatura.

Características del aceite de cocina usado:

- Debido a los cambios en su composición por el uso de los glicéridos ácidos, tiene un aspecto amarillento oscuro y ciertos restos de alimentos.

Usos del aceite de cocina usado en la madera:

- En los muebles de madera el aceite de cocina usado ayuda a cubrir los poros de la madera además también de darles brillo, se puede reciclar en una variedad de productos útiles, como jabones, lociones, lubricantes, ceras, velas, pinturas, barnices y fertilizantes orgánicos mediante el proceso de compostaje (EcoInventos, 2021).

Figura N°32. Aceite de Cocina Usado.



Fuente: Ana Callejo, reutilizar – (2022)

2.2.10. Técnica de tratamiento

La técnica de tratamiento se refiere al proceso mediante el cual se administra una sustancia conservante a la madera, es inyectar una cantidad predeterminada de producto



en un volumen determinado de madera, alcanzando al mismo tiempo el nivel de penetración deseado (Zanni, 2004)

Se pueden identificar dos técnicas distintas para el tratamiento de la madera. El primer método puede clasificarse como pasivo, ya que se basa en la capacidad inherente de la madera para absorber la sustancia protectora. La segunda puede clasificarse como activa debido a que se basa en procedimientos artificiales.

Inmersión prolongada de la madera. El tratamiento por inmersión prolongada es un enfoque sencillo que consiste en sumergir la madera en una sustancia protectora durante un tiempo superior a 10 minutos, que a menudo supera la hora y puede durar días o incluso semanas, dependiendo de factores como la especie de madera, el tamaño de la madera (Zanni, 2004)

Figura N°33. Inmersión Prolongada.



Fuente: Tratamientos Garbi.

2.2.11. Selección del tipo de protección

La selección de las medidas de protección adecuadas depende de la clasificación de riesgo del componente de madera y de su resistencia inherente a la descomposición.

- El primero se basa en su aspecto, y está relacionado con el espesor de la película, para poder cubrir y dar un brillo especular.
- El segundo está basado según el empleo, que se detalla en el siguiente cuadro el tipo, penetración y método, sin embargo, se requiere que el tratamiento proporcione una certificación, garantizando los resultados de las pruebas.



Tabla N°04. Penetración y Método de tratamiento

Tipo	Penetración	Método tratamiento
Superficial	la penetración media alcanzada por el protector es de 3 mm, siendo como mínimo de 1 mm en cualquier parte de la superficie tratada Se corresponde con P1 P2 y P3	Pincelado Pulverización Inmersión breve
Media	la penetración media alcanzada por el protector es superior a 3 mm en cualquier zona tratada, sin llegar al 75% del volumen impregnable Se corresponde con P4, P5, P6 y P7	Inmersión prolongada Difusión Autoclave vacío - vacío Autoclave vacío - presión
Profunda	es aquella en que la penetración media alcanzada por el protector es igual o superior al 75% del volumen impregnable Se corresponde con P8 y P9	- Autoclave vacío - vacío - Autoclave vacío - presión

Fuente: Normas Europeas (Une351-1)

2.2.12. Mantenimiento de la madera

La madera es una sustancia orgánica y adaptable que se utiliza en diversos ámbitos de la vida cotidiana. Independientemente de su uso como mueble, cubierta y estructural, la madera requiere un mantenimiento constante para conservar su atractivo estético y sus propiedades físicas y mecánicas. (Mora & Vicarioli, 2016).

El tipo de madera, su uso y su exposición al medio ambiente influyen en su mantenimiento. Cuando se trata de madera, generalmente se aconseja que el mantenimiento se realice cada 12 a 18 meses. Sin embargo, si la madera se utiliza con frecuencia o está expuesta a la intemperie, puede necesitar un mantenimiento más frecuente de 6 a 12 meses. (Samuel, 2022)



2.2.13. Reporte económico para el tratamiento de la madera eucaliptus glóbulos

Tabla N°05. Reporte económico.

PRESUPUESTO DE TRATAMIENTO DE LAS MUESTRAS DE MADERA EUCALIPTUS GLOBULOS					
ITEM	DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	PARCIAL
1	MANO DE OBRA				800.00
1.1	Tesista	mes	3.00	100.00	300.00
1.2	Asistente	mes	3.00	100.00	300.00
1.3	Aserredero	mes	1.00	200.00	200.00
2	BIENES O MATERIALES				1040.00
2.1	Envases para los aditivos				10.00
2.1.1	Balde para el ACU	Und.	1.00	10.00	10.00
2.1.2	Aditivos				130.00
2.1.3	Parafina	kg	3.00	15.00	45.00
2.1.4	Cera de Abeja	kg	3.00	25.00	75.00
2.1.5	Aceite de cocina usado	L	20.00	0.50	10.00
2.2	Muestras de madera natural y tratada				900.00
2.2.1	Muestras de madera natural	Und.	0.00	180.00	0.00
2.2.2	Muestras de madera Trata con Parafina	Und.	2.00	180.00	360.00
2.2.3	Muestras de madera Trata con Cera de Abeja	Und.	2.00	180.00	360.00
2.2.4	Muestras de madera Trata con Aceite de Cocina Usado (ACU)	Und.	1.00	180.00	180.00
3	EQUIPOS Y MAQUINARIAS				527.50
3.1	Equipo de Proteccion				52.50
3.1.1	Bata o Guardapolvo	Und.	1.00	40.00	40.00
3.1.2	Guantes	Und.	0.50	15.00	7.50
3.1.3	Lentes	Und.	0.50	10.00	5.00
3.2	Equipos de Ensayo				20.00
3.2.1	Pinzas	Und.	1.00	20.00	20.00
3.3	Equipos y ensayos de labotario				455.00
3.3.1	Higrometro, Contenido de Humedad	Und.	1.00	65.00	65.00
3.3.2	Horno y balanza, Densidad Basica	Und.	1.00	65.00	65.00
3.3.3	Equipo de Brinell, Ensayo Dureza por el metodo de Brinell	Und.	1.00	65.00	65.00
3.3.4	Equipos de Compresion, Resistencia a la Compresion Paralelo al	Und.	1.00	65.00	65.00
3.3.5	Equipos de Compresion, Resistencia a la Compresion Perpendicu	Und.	1.00	65.00	65.00
3.3.6	Equipos de Compresion, Resistencia al Cizallamiento Paralelo al C	Und.	1.00	65.00	65.00
3.3.7	CBR, Resistencia Flexion Estatica	Und.	1.00	65.00	65.00
4	SERVICIOS Y SUBCONTRATOS				1220.00
4.1	Transporte				370.00
4.1.1	Transporte interprovincial	Und.	2.00	20.00	40.00
4.1.2	Tranporte de materiales	Und.	3.00	10.00	30.00
4.1.3	Transporte de muestras de madera	Und.	2.00	50.00	100.00
4.1.4	Impresión y Afines	glb	1.00	200.00	200.00
4.2	Contrato de Laboratorio				675.00
4.2.1	Laboratorio de la UAC	glb	1.00	400.00	400.00
4.2.2	Contrato de Equipos				175.00
4.2.3	Alquiler de higrometro	dia	5.00	20.00	100.00
4.2.4	Alquiler de termometro	dia	5.00	15.00	75.00
Costo total					3587.50

Fuente: elaboracion propia

2.2.14. Criterios estadísticos

2.2.14.1. Media aritmética

Según (Paz, 2007) la media aritmética, también conocida como promedio o media, es una medida estadística utilizada para determinar el valor característico de un conjunto



finito de números. Se deriva del principio de la expectativa matemática o valor esperado, en el que la suma de todos los valores del conjunto se divide por el número total de valores.

Figura N°34. Formula media aritmética.

$$x_{prom} = \frac{\Sigma}{N(\text{cantidad de muestras})}$$

Fuente: Probabilidad y Estadística.

X_{prom}: Media aritmética

Σ: Sumatoria

N: Cantidad de muestras

2.2.14.2. Varianza

El principal propósito de varianza reside en su capacidad para facilitar la identificación y evaluación de valores normales, grandes, pequeños, extra grandes y extra pequeños es una métrica estadística que cuantifica el grado de dispersión que muestra una variable aleatoria en relación con su valor esperado.

Para calcular la varianza, es importante seguir los siguientes pasos: Inicialmente, es esencial calcular la media, que denota la media aritmética de los números dados. A continuación, para cada número individual, es necesario deducir la media y luego elevar al cuadrado el resultado. Por último, hay que determinar la media de estas diferencias elevadas al cuadrado (Terrádez, 2003)

Figura N°35. Formula varianza.

$$\sigma^2 = \frac{\Sigma(xi - \mu^2)}{N}$$

Fuente: Probabilidad y Estadística.

σ²: Varianza

xi: Variable

u: Promedio aritmético

N: número de muestras



2.2.14.3. Desviación estándar

Según (Espejo,2017), la desviación típica es una medida estadística utilizada para cuantificar la dispersión de puntos de datos en las variables cuantitativas y variables de intervalo, se refiere a la desviación típica, que se define matemáticamente como la raíz cuadrada de la varianza de una cantidad dada.

Figura N°36. Formula Desviación Estándar.

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum(xi - \mu^2)}}{N}$$

Fuente: Probabilidad y Estadística.

σ^2 : Varianza

xi: Variable

u: Promedio aritmético

N: número de muestras

2.2.14.4. Coeficiente de variación

Según (Espejo,2017), el coeficiente de variación es una medida de dispersión que caracteriza la cantidad de variabilidad relativa a la media. Dado que el coeficiente de variación no depende de las unidades, puede sustituir a la desviación típica al comparar la dispersión de conjuntos de datos con diversas unidades o medias.

Figura N°37. Formula Coeficiente de Variación.

$$CV = \frac{S}{\mu}$$

Fuente: Probabilidad y Estadística

CV: Coeficiente de Variación

S: Desviación estándar

u: Promedio aritmético



2.2.14.5. Criterios de Chauvenet

Según (Hurtado, Fernández & Pérez. s/f), el criterio de Chauvenet es una técnica utilizada para determinar la probabilidad de que un punto de datos experimentales sea un valor atípico dentro de una determinada colección de datos experimentales. Para utilizar el criterio de Chauvenet, es necesario calcular la media y la desviación típica de los datos observados. La probabilidad de que un punto de datos concreto sea igual al valor sospechoso se determina utilizando la función de distribución normal o una tabla correspondiente, que tiene en cuenta la desviación del valor sospechoso respecto a la media.

Figura N°38. Formula Estadística de Chauvenet.

$$\frac{(xi - \mu)}{S} < \textit{tabla de Chauvenet}$$

Fuente: Probabilidad y Estadística

xi: Variable, dato estadístico

u: Promedio aritmético

S: Desviación estándar

Tabla N°06. Tabla de evaluación crítica de Chauvenet

Tabla de criterios de Chauvenet											
N° medida	evaluacion c.	N° medida	evaluacion c.	N° medida	evaluacion c.	N° medida	evaluacion c.	N° medida	evaluacion c.	N° medida	evaluacion c.
3	1.383	10	1.960	17	2.178	24	2.311	31	2.406	38	2.479
4	1.534	11	2.000	18	2.200	25	2.326	32	2.418	39	2.489
5	1.645	12	2.037	19	2.222	26	2.341	33	2.429	40	2.498
6	1.732	13	2.070	20	2.241	27	2.355	34	2.440	50	2.576
7	1.803	14	2.100	21	2.260	28	2.369	35	2.450	100	2.807
8	1.863	15	2.128	22	2.278	29	2.382	36	2.460	500	3.291
9	1.915	16	2.154	23	2.295	30	2.394	37	2.470	1000	3.481

Fuente: Stalogos - Luis Benites

2.2.14.6. Prueba de hipótesis por t de Student

Cuando se desconoce la desviación típica de la población y el tamaño de la muestra es pequeña, puede utilizarse un estadístico denominado t de Student para comparar las medias de dos grupos o de una muestra con un valor conocido. También se utiliza para comparar las medias de una muestra con un valor conocido. La distribución t de Student



es otro tipo de distribución de probabilidad. Resulta de la estimación de la media de una población que sigue una distribución normal y depende del número de grados de libertad. Al comparar dos conjuntos de medias o proporciones, el estadístico t de Student se utiliza para realizar pruebas de hipótesis y calcular intervalos de confianza. (Sánchez, 2015)

(Hurtado& Silvente, 2012) indica que para realizar una prueba t de Student, es necesario cumplir una serie de criterios, como que los datos se ajusten a una distribución normal, que las muestras sean independientes entre sí y que las varianzas sean homogéneas. Además, es necesario identificar un valor crítico, un nivel de significación, una hipótesis nula y una hipótesis alternativa. A continuación, se determina el valor t mediante la siguiente fórmula:

$H_0: \mu d \leq 0$: Hipótesis nula

$H_1: \mu d > 0$: Hipostasis alterna

Figura N°39. Estadístico de Prueba.

$$t = \frac{d}{\frac{Sd}{\sqrt{n}}}$$

Fuente: Hurtado& Silvente.

t: Estadístico de Prueba

d: Promedio de la muestra

Sd: Desviación estándar

n: número de muestras



2.3. Hipótesis

2.3.1. *Hipótesis General*

El comportamiento de las propiedades físico-mecánicas de la madera de Eucaliptus Glóbulos tratada con una concentración de Parafina a Temperatura de 90°C, Cera de Abeja a Temperatura de 80°C y Aceite de Cocina Usado (ACU) tiene una mejora significativa para uso Estructural.

2.3.2. *Hipótesis específicas*

Sub hipótesis N°1. Las propiedades físico-mecánicas de la madera de Eucaliptus Glóbulos tratada con Parafina, concentración de aditivo a Temperatura de 90°C mejorará significativamente para uso Estructural.

Sub hipótesis N°2. Las propiedades físico-mecánicas de la madera de Eucaliptus Glóbulos tratada con Cera de Abeja, concentración de aditivo a Temperatura de 80°C mejorará significativamente para uso Estructural.

Sub hipótesis N°3. Las propiedades físico-mecánicas de la madera de Eucaliptus Glóbulos tratada con Aceite de Cocina Usado (ACU) concentración de aditivo, mejorará significativamente para uso Estructural.

2.4. Definición de variables

2.4.1. *Variables*

Variables independientes

Variable independiente N°1

- X1: Parafina
- Indicador: Concentración de aditivo de Parafina a temperatura 90°C.

Variable independiente N°2

- X2: Cera de Abeja
- Indicador: Concentración de aditivo de Cera de Abeja a temperatura 80°C.

Variable independiente N°3



- X3: Aceite de Cocina Usado (ACU)

Definición: Son los aceites de origen vegetal que fueron utilizados en cocción de alimentos y que fue desechado luego de su uso.

Indicador: Concentración de aditivo de Aceite de Cocina Usado (ACU).

Variables dependientes

Variable dependiente N°1

- Y1: Propiedades físicas con Parafina, Cera de Abeja y Aceite de Cocina Usado (ACU)

Variable dependiente N°2

- Y2: Propiedades mecánicas con Parafina Cera de Abeja y Aceite de Cocina Usado (ACU)



2.4.2. Cuadro de operacionalización de variables.

Tabla N°07. Cuadro de Operacionalización de Variables

CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES				
ASESOR:	ING.	Robert Milton Merino Yopez	PRESENTADO POR:	Bach. Royer Elwer Mansilla Gomez
TÍTULO DE LA TESIS:	ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALIPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL- PÍSAC.			
VARIABLES	DEFINICIÓN	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS
INDEPENDIENTES				
Parafina	Parafina es el nombre común de un grupo de hidrocarburos alcanos de fórmula general C_nH_{2n+2} , donde n es el número de átomos de carbono.	Concentración de aditivo de Parafina a Temperatura 90°C	mL	Fichas de recolección de datos
Cera de abeja	La cera es una materia grasa que las abejas producen y utilizan para construir los panales.	Concentración de aditivo de Cera de Abeja a Temperatura 80°C	mL	
Aceite de Cocina Usado (ACU)	Son los aceites de origen vegetal que fueron utilizados en cocción de alimentos y que fue desechado luego de su uso.	Concentración de aditivo de Aceite de Cocina Usado (ACU)	mL	
DEPENDIENTES				
Propiedades físicas con Parafina, Cera de abeja y Aceite de Cocina Usado (ACU)	Una propiedad física es medible, usualmente se asume que el conjunto de propiedades físicas define el estado de un sistema físico.	- Contenido de humedad	%	Fichas de recolección de datos
	Propiedades físicas de la madera eucaliptus glóbulos tratada con una concentración de Parafina a Temperatura de 90°C , Cera de Abeja a Temperatura de 80°C y Aceite de Cocina Usado (ACU) para uso estructural.	- Densidad	gr/cm3	
		- Dureza Brinell	(kg/mm2)	
Propiedades mecánicas con Parafina, Cera de abeja y Aceite de Cocina Usado (ACU)	Las propiedades mecánicas de un material son aquellas que afectan a la resistencia mecánica y a la capacidad de los materiales cuando se les aplica una fuerza, son las propiedades que posee un material relacionadas con su capacidad de transmitir y resistir fuerzas o deformaciones.	- Resistencia a la compresión paralela al grano	kg/cm2	
		- Resistencia a la compresión perpendicular al Grano	kg/cm2	
	Propiedades mecánicas de la madera eucaliptus glóbulos tratada con una concentración de Parafina a Temperatura de 90°C , Cera de Abeja a Temperatura de 80°C y Aceite de Cocina Usado (ACU) para uso estructural.	- Resistencia al Cizallamiento paralelo al Grano	kg/cm2	
		- Resistencia a la flexión estática	kg/cm3	

Fuente: Elaboración Propia



Capítulo III: Método

3.1. Metodología de la investigación

3.1.1. Enfoque de la investigación

El estudio de investigación adopta un enfoque CUANTITATIVO por que establece relaciones entre variables y lleva a cabo demostraciones utilizando enfoques numéricos hacen uso de magnitudes. Estos métodos permiten trabajar con valores directamente medibles utilizando instrumentos derivados de la disciplina estadística. El objetivo es demostrar experimentalmente los cambios en la resistencia de la madera de Eucaliptus Glóbulos, tanto en su estado natural como cuando es tratada con Parafina, Cera de Abeja y Aceite de Cocina Usado, a través de diversas pruebas, pretendemos investigar las propiedades significativas que estos aditivos confieren a la madera natural.

Según (Hernandez, Fernández, & Baptista, 1997) el estudio Cuantitativo consiste en recopilar datos con el fin de poner a prueba hipótesis mediante el uso de mediciones numéricas y análisis estadísticos para determinar patrones de comportamiento y poner a prueba teorías. Supone un reto específico y delimitado para la comunidad académica. Se utilizaron métodos normalizados en todo el proceso de recopilación de datos, que este coherente. Los datos se recogieron mediante los procesos de observación y registro de las mediciones. En esta investigación se utilizan instrumentos que se han demostrado su validez y fiabilidad en investigaciones anteriores.

3.1.2. Nivel o alcance de la investigación

El alcance de la presente investigación que se lleva a cabo abarca en el de estudio DESCRIPTIVO CORRELACIONAL, dado que el objetivo es establecer una relación entre las variables dependientes, se refiere a la forma en que un determinado fenómeno existe y demuestran su presencia, busca especificar las propiedades físico-mecánicas de la madera Eucaliptus Glóbulos que se someta a un análisis, que pretende medir y recoger información. Así mismo pretende responder a preguntas de investigación mediante a un



patrón predecible para un grupo o población. La utilidad principal de los estudios correlacionales es saber cómo se puede comportar la variable al conocer la conducta de otras.

Según (Sanchez C. & Reyes M., 2006) la investigación descriptiva, implica el análisis de dos variables que son interdependientes, estas mediciones y evaluaciones determinan y evalúan efectivamente el alcance del vínculo entre dos ideas o variables. La correlación puede ser positiva o negativa, el proceso requiere el desarrollo de hipótesis que posteriormente se somete a pruebas y validación de comprender el concepto de una variable, su comportamiento potencial en relación con otra variable asociada, estas entidades poseen significado explicativo, aunque de forma limitada.

3.2. Diseño de la Investigación

3.2.1. Diseño metodológico

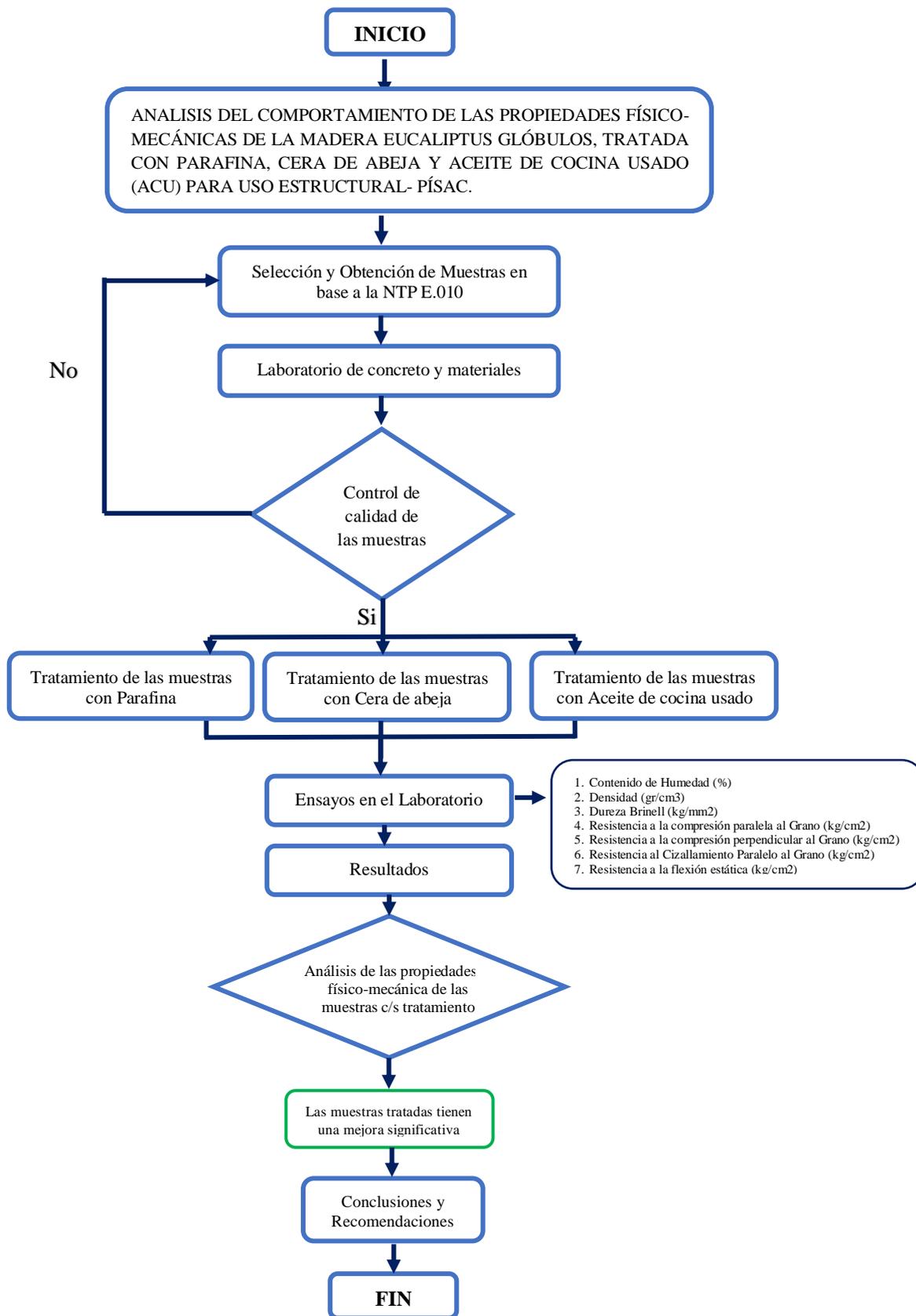
El diseño metodológico de la presente investigación es de tipo EXPERIMENTAL, el propósito de este estudio es ejecutar una secuencia de actividades en las que intervienen variables, al observar después el impacto de estas manipulaciones en su eficacia o adversidad. Se refiere al estudio en el que se manipulan variables para analizar las consecuencias que tiene sobre las variables dependientes. El diseño experimental pretende establecer el posible efecto de la causa que se manipula.

(Hernandez, Fernandes & Baptista, 1997) nos dice que un estudio experimental se lleva a cabo para examinar el impacto de uno o más factores independientes sobre una o más variables dependientes.

3.2.2. Diseño de ingeniería



Figura N°40. Diseño de ingeniería



Fuente: Elaboración Propia.



3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población de estudio incluyo arboles de Eucaliptus Glóbulos del distrito de Pisac. Es esencial tener en cuenta algunos factores cruciales antes de la tala de árboles. Se realiza un estudio exhaustivo para identificar los árboles que presenta las siguientes características:

- La presencia del Eucalipto se limita geográficamente al área de investigación designada, asociada al distrito de Pisac.
- Se eligen árboles de al menos una altura mínima de 6 metros.
- El tronco del árbol mantiene una estructura simétrica en toda su longitud.
- En esta ocasión se eligen arboles de al menos 4 años a 7 años, no menor.

Se procedió a realizar un breve estudio por el lugar identificando los árboles Eucaliptus Glóbulos de manera que cumpla con las características ya anteriormente mencionado. Posteriormente la madera fue cortada en troncos en el mismo lugar donde se encontró árboles y transportada al distrito de Pisac para ser contada en pequeñas muestras como indica la Norma Técnica Peruana E.010 Maderas. A continuación, las muestras fueron evaluadas en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Andina del Cusco.

3.3.1.1. Cuantificación de la Población

El estudio de cuantificación de la población se centró en la especie Arborea Eucaliptus Glóbulos dentro del Distrito de Pisac, ubicando en la Provincia de Calca del Departamento de Cusco. Estos árboles fueron observados en una superficie total de 148.2 kilómetros cuadrados.

3.3.2. Muestra

3.3.2.1. Descripción de la Muestra

El estudio utilizó una muestra representativa de especies de Eucaliptus glóbulos de la zona de Pisac. Los árboles fueron elegidos al azar en base a su altura mínima de 6m y



tronco recto. Después de ser talados y transportados, las muestras fueron procesadas siguiendo las especificaciones señaladas en la Norma Peruana Tecina.

Tabla N°08. Dimensiones de las muestras para los ensayos

Ensayos	Dimensiones		
	Altura	Ancho	Largo
Contenido de Humedad	3cm	3cm	10cm
Densidad Basica			
Ensayo Dureza de Brinell	2cm	2cm	6cm
R. Compresion Paralelo al G.	5cm	5cm	20cm
R. Compresion Perpendicular al G.	5cm	5cm	15cm
R. Cizallamiento Paralelo al G.	5cm	5cm	6.3cm
R. Flexion Estatica	2.5cm	2.5cm	41cm

Fuente: Elaboración Propia

3.3.2.2. Cuantificación de la Muestra

Se recogió un total de 720 muestras de acuerdo con la Norma Técnica Peruana E.010 Maderas, con el fin de evaluar las propiedades físico-mecánicas. Estas muestras se clasifican en cuatro grupos en función del tipo de tratamiento al que fueron sometidas, y sus dimensiones se determinaron de acuerdo con las directrices de la NTP. En concreto 180 muestras en estado natural, 180 muestras tratadas con Parafina, 180 muestras con Cera de Abeja y 180 con Aceite de Cocina Usado.

A cada grupo se realizaron los siguientes Ensayos: los parámetros incluyen el contenido de humedad, la densidad básica, dureza por el método de Brinell, resistencia a la compresión paralela al grano, resistencia perpendicular al grano, resistencia al cizallamiento paralelo al grano y la resistencia a la flexión estática, son propiedades físico-mecánicas importantes que se evalúan a menudo en la ciencia de ingeniería, se procede el tratamiento de las muestras con los aditivos correspondientes.

Tabla N°09. Cantidad de muestras para los ensayos

Ensayos	Estado Natural	Parafina	Cera de Abeja	ACU
Contenido de Humedad	30	30	30	30
Densidad				
Ensayo de Brinell	30	30	30	30
R. Compresion Paralelo al G.	30	30	30	30
R. Compresion Perpendicular al G.	30	30	30	30
R. Corte Cizallamiento	30	30	30	30
R. Flexion Estatica	30	30	30	30

Fuente: Elaboración Propia



3.3.2.3.Método de Muestreo

El estudio de muestra se utilizó una estrategia de muestra NO PROBABILÍSTICA, en particular, en este enfoque incluirá la selección de árboles dentro de un área en función de su conveniente accesibilidad y su excelente estado de conservación.

3.3.2.4.Criterios de Evaluación de la Muestra

La selección de muestras para las distintas pruebas incluye determinadas características visibles. Por consiguiente, las muestras seleccionadas fueron elegidas para los ensayos:

- Ese esencial que la madera no presente signos de agrietamiento.
- Las muestras no deben presentar agujeros o perforaciones.
- Las muestras no deben presentar nudos.
- Es importante asegurarse las deformaciones en las muestras de madera.
- Los ensayos se ajustan a las dimensiones prescritas en las normas de ensayo de la NTP.

3.3.2.5.Criterios de Inclusión

- La investigación incluirá troncos de árboles que no presenten signos de torsión.
- Para asegurar la madurez de los árboles, se recomienda que las muestras de árboles posean una altura mínima de 6 metros.
- Para someter a la evaluación, las muestras deben ajustarse a las dimensiones prescritas en las directrices de la NTP, según el ensayo que se vaya a realizar.
- Antes de inmersión en Parafina, Cera de Abeja y Aceite de Cocina Usado, es imprescindible que las muestras estén secas.

3.4. Instrumentos

3.4.1. Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos

Los datos pertinentes para este estudio se adquirieron mediante una técnica en enfoque de recopilación de datos de las pruebas físicas-mecánicas realizadas. Este método permite recoger datos de varios ensayos para registrarlos en fichas de observación.



En el presente estudio se utilizaron varios instrumentos, guías de observación para la cogida de datos, especialmente adaptadas a cada ensayo investigado. Estas guías de observación se utilizaron como herramientas principales para la recogida de datos:

Guía de Observación N°01. Esta guía se empleará para recopilar datos del ensayo de contenido de humedad de la madera eucaliptus glóbulos, en estado natural y tratada.

Guía de observación N°02. Esta guía se empleará para recopilar datos del ensayo de densidad básica de la madera eucaliptus glóbulos, en estado natural y tratada.

Guía de observación N°03. Esta guía se empleará para recopilar datos del ensayo de dureza por el método de Brinell de la madera eucaliptus glóbulos, en estado natural y tratada.

Guía de observación N°04. Esta guía se empleará para recopilar datos del ensayo de resistencia a la compresión paralela al grano de la madera eucaliptus glóbulos, en estado natural y tratada.

Guía de observación N°05. Esta guía se empleará para recopilar datos del ensayo de resistencia a la compresión perpendicular al grano de la madera eucaliptus glóbulos, en estado natural y tratada.

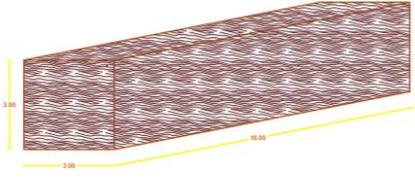
Guía de observación N°06. Esta guía se empleará para recopilar datos del ensayo de resistencia al cizallamiento paralelo al grano de la madera eucaliptus glóbulos, en estado natural y tratada.

Guía de observación N°07. Esta guía se empleará para recopilar datos del ensayo de resistencia a la flexión estática de la madera eucaliptus glóbulos, en estado natural y tratada.

A continuación se presentan las guías de observación utilizadas para la recogida de datos:



Tabla N°10. Guía de observación N°01 contenido de humedad de la madera.

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
TESIS:	ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALIPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.				
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 01			CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MADERA		
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elwer			ESPECIE: Eucalyptus glóbulus		
MATERIAL: Madera			FECHA:		
N° Muestra	Altura	Espesor	Largo	Volumen	Contenido de humedad
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ³)	(%)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
OBSERVACIONES:					
DIMENSIONES DE LA MUESTRA:					
					

Fuente: Elaboración Propia.

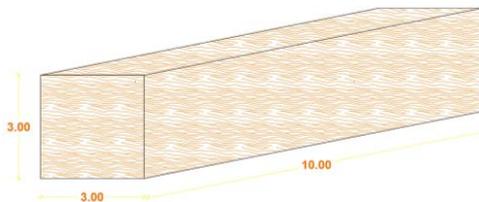
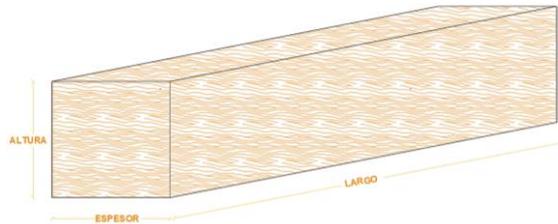


Tabla N°11. Guía de observación N°02 densidad básica de la madera.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
TESIS:	ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALIPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.						
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 02			DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA				
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elwer				ESPECIE: Eucalyptus glóbulus			
MATERIAL: Madera				FECHA:			
N° Muestra	Altura	Espesor	Largo	Volumen	Peso Humedo	Peso Seca	Densidad Basica
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ³)	(gr)	(gr)	(gr/cm ³)
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							

OBSERVACIONES:

DIMENSIONES DE LA MUESTRA:

FORMULAS PARA EL ENSAYO:

$$\text{Densidad Basica} = \frac{\text{Peso Anhidro}}{\text{Volumen}}$$

$$\text{Densidad Basica} = \frac{(\text{Peso de la Madera Humeda} - \text{Peso de la Madera Seca})}{\text{Altura} * \text{Espesor} * \text{Largo}}$$

Fuente: Elaboración Propia.



Tabla N°12. Guía de observación N°03 para la dureza por el método de Brinell.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
TESIS:	ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALIPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.			
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 03		DUREZA POR EL MÉTODO BRINELL		
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elwer		ESPECIE: Eucalyptus glóbulus		
MATERIAL: Madera		FECHA:		
N° Muestra	Díametro de huella	Díametro de Billa	Fuerza Aplicada	Dureza de Brinell
	d (mm)	D (mm)	P (kg)	(kg/mm ²)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
OBSERVACIONES:				
DIMENSIONES DE LA MUESTRA:				
FORMULAS PARA EL ENSAYO:				
$\text{Dureza de Brinell (BH)} = \frac{2 * P}{\pi * D * (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$				
HB : Hardest Brinell (Dureza Brinell), en kg/mm ² D : Diámetro de la Billa d : Diámetro de la huella P : Carga aplicada durante la prueba				

Fuente: Elaboración Propia.



Tabla N°13. Guía de observación N°04 para resistencia a la compresión paralelo al grano.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
TESIS:	ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALIPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.					
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04			RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO			
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elver			ESPECIE: Eucalyptus glóbulus			
MATERIAL: Madera			FECHA:			
N° Muestra	Altura (cm)	Espesor (cm)	Área (cm ²)	Carga max P (kg)	Deformación D (mm)	Esfuerzo kg/cm ²
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						

GRAFICA DE CARGA Y DEFORMACION:

Carga y Deformación D (mm)

OBSERVACIONES:

DIMENSIONES DE LA MUESTRA:

MODELAMIENTO ENSAYO:

FORMULAS PARA EL ENSAYO:

$$\text{Esfuerzo a Compresion}(/) = \frac{P_{max}}{\text{Altura} * \text{Espesor}}$$

P_{max}: Carga Ultima de Ruptura kg
Area: Altura * espesor cm²

Fuente: Elaboración Propia.



Tabla N°14. Guía de observación N°05 para la resistencia a la compresión perpendicular al grano.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
TESIS:	ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALIPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.					
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 05			RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO			
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elwer			ESPECIE: Eucalyptus glóbulus			
MATERIAL: Madera			FECHA:			
N° Muestra	Altura (cm)	Espesor (cm)	Área (cm ²)	Carga max P (kg)	Deformación D (mm)	Esfuerzo kg/cm ²
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
GRAFICA DE CARGA Y DEFORMACION:						
OBSERVACIONES:						
DIMENSIONES DE LA MUESTRA:				MODELAMIENTO DEL ENSAYO:		
FORMULAS PARA EL ENSAYO:				Pmax: Carga Ultima de Ruptura kg Area: Altura* espesor cm ²		
$\text{Esfuerzo a Compresion}(\perp) = \frac{P_{max}}{\text{Altura} * \text{Espesor}}$						

Fuente: Elaboración Propia.



Tabla N°15. Guía de observación N°06 para la resistencia al cizallamiento paralelo al grano.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
TESIS:		ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALIPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.			
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 06			RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO PARALELO AL GRANO		
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elwer			ESPECIE: Eucalyptus glóbulus		
MATERIAL: Madera			FECHA:		
N° Muestra	H pbta (cm)	E pbta (cm)	Área (cm ²)	Carga max P (kg)	Esfuerzo C. kg/cm ²
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					

GRÁFICA DE CARGA Y DEFORMACION:

Carga y Deformación D (mm)

OBSERVACIONES:

DIMENSIONES DE LA MUESTRA:

MODELAMIENTO DEL ENSAYO:

FORMULAS PARA EL ENSAYO:

$$\text{Esfuerzo al Cizallamiento} = \frac{P_{max}}{H_{pbta} * E_{pbta}}$$

P_{max} : Carga Ultima de Ruptura k_f
 $Area$: Altura* espesor cm^2

Fuente: Elaboración Propia.



Tabla N°16. Guía de observación N°07 para la resistencia a la flexión estática.

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 									
TESIS:	ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALIPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.								
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07			RESISTENCIA A LA FLEXIÓN ESTÁTICA						
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elwer				ESPECIE: Eucalyptus globulus					
MATERIAL: Madera				FECHA:					
N° Muestra	Luz (cm)	Longitud (cm)	Altura (cm)	Espesor (cm)	Área (cm ²)	Carga max P (kg)	Deformación D (mm)	Esfuerzo FE kg/cm ²	GRAFICA DE CARGA Y DEFORMACION:
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
DIMENSIONES DE LA MUESTRA:									MODELAMIENTO DEL ENSAYO:
FORMULAS PARA EL ENSAYO: $\text{Flexion Estatica} = 1.5 * \left(\frac{P_{max} * Luz}{Espesor * Altura^2} \right)$									P_{max} : Carga Ultima de Ruptura kg

Fuente: Elaboración Propia.

3.4.2. Instrumentos de ingeniería

Para la prueba de los ensayos de la investigación se tiene los siguientes instrumentos:

Vernier o Pie de Rey. Instrumento utilizando para la medición de dimensiones hasta un máximo de 15 centímetros, con un nivel de precisión de 0.02 milímetros.

Flexómetro o Wincha. Herramienta métrica de mano, a menudo encerrada en un recipiente de plástico o metal, que presenta flexibilidad y suele estar calibrada con centímetros en un lado y pulgadas en el otro. Sirve como instrumento de medición esencial que debe estar fácilmente disponible, facilitando el proceso de obtención de medidas precisas.



Higrómetro. Para evaluar el contenido de humedad de las muestras de madera en su entorna natural, se utiliza un dispositivo capaz de proporcionar mediciones con una precisión del 1%

Horno de Secado Humboldt. El horno de secado por inducción forzadas, se utiliza para el secado de muestras mediante la aplicación del calor, con una capacidad de calentamiento de 195°C.

Balanza de Precisión. Este dispositivo está diseñado para medir y documentar los pesos de diversos especímenes y muestras, con una capacidad de 8.000 gramos y con una precisión de más menos 0.1 gramos.

Termómetro con sonda de aguja. Termómetro digital con sonda de aguja, proporciona una rápida respuesta de lectura. Se uso para medir la temperatura a la que los aditivos pasan de un estado a otro.

Equipo de Compresión ELE. La máquina de compresión tiene una capacidad, es capaz de comprimir elementos de prueba de tamaño variable.

Equipo CBR. El equipo utilizado en este estudio está equipado con diales electrónicos de carga y de deformación, capaces de recoger datos de carga y de deformación, la toma de los datos se realiza a una velocidad de 1.27 mm/min, y el equipo tiene una capacidad de carga de 50Kn.

Equipo de Dureza de Brinell. Este equipo determina la dureza de diversos materiales mediante la técnica Brinell, hay que hacer los cálculos necesarios.

3.5. Procedimientos de recolección y análisis de datos

3.5.1. Procedimiento realizado para la recolección de datos

3.5.1.1. Procedimiento de selección y obtención de muestras de madera

a) Equipos utilizados

- Wincha o Flexómetro
- Cuerda de Fuerza
- Machete
- Motosierra
- Libreta de Apuntes



b) Procedimiento

- Inicialmente, el área de muestreo se estableció dentro del distrito de Pisac, y se utilizó el conocimiento previo de la zona forestal para proporcionar un enfoque de muestreo exhaustivo.

Figura N°41. Reconocimiento de las áreas forestales del distrito de Pisac.



Fuente: Elaboración Propia.

- Se selecciono la zona más próxima a la ruta, y a continuación, se recolecto el número de árboles necesarios. La selección del número de árboles dependía del nivel de precisión deseado, tal como lo indica la NTP, que recomienda un mínimo de 5 árboles. Se encamino con los criterios que deben cumplir, una altura de 6m, además de carecer de defectos.

Figura N°42. Medición del diámetro de los árboles.



Fuente: Elaboración Propia

- Posteriormente, el objeto se sometió a un proceso de corte o tala.



Figura N°43. Procedimiento de corte de los árboles.



Fuente: Elaboración Propia.

- Seguidamente, las muestras se enviaron a Pisac para someterlas a una división en segmentos más pequeños, se entablo un trato con el aserradero para que se proceda el corte de las muestras con dimensiones adaptadas a los requisitos específicos de cada ensayo respectivo.

Figura N°44. Procedimiento con el aserradero en cortes para los ensayos.



Fuente: Elaboración Propia.

- Una vez que el Aserradero tuvo todas las muestras cortadas con las medidas correspondientes, las muestras fueron medidas para verificar sus respectivas dimensiones, luego fueron cuidadosamente transportadas desde el Distrito de Pisac hasta la ciudad del Cusco en sacos para minimizar cualquier daño potencial a la madera.



Figura N°45. Almacenamiento de las muestras y dimensionadas para ser transportadas.



Fuente: Elaboración Propia

3.5.1.2. Procedimiento de rotulación de todas las muestras de madera

a) Equipos utilizados

- Plumón permanente

b) Procedimiento

- Se hizo la rotulación de todas las muestras de madera, asignando un nombre único a cada muestra, para facilitar la ejecución de las siguientes pruebas de forma más eficaz, este procedimiento se realizó en el laboratorio de concreto y materiales de la facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Andina del Cusco.

Figura N°46. Rotulación de todas las muestras de madera en laboratorio.



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°17. Denominacion de las muestras de madera para cada ensayo.

Ensayos	Estado Natural	Parafina	Cera de Abeja	ACU
Contenido de Humedad	MEN N°	MPA N°	MCA N°	MACU N°
Densidad Basica				
Ensayo Dureza de Brinell	MEN N°	MPA N°	MCA N°	MACU N°
R. Compresion Paralelo al G.	MEN N°	MPA N°	MCA N°	MACU N°
R. Compresion Perpendicular al G.	MEN N°	MPA N°	MCA N°	MACU N°
R. Cizallamiento Paralelo al G.	MEN N°	MPA N°	MCA N°	MACU N°
R. Flexion Estatica	MEN N°	MPA N°	MCA N°	MACU N°

Fuente: Elaboracion Propia.

3.5.1.3.Procedimiento de Tratamiento de las muestras con Parafina, Cera de Abeja y Aceite de Cocina Usado (ACU)

a) Equipos utilizados

- Bandejas
- Ollas
- Espátulas
- Cocina y balón de gas

b) Procedimiento

- El proceso comienza poniendo la parafina y la cera de abeja en ollas separadas y dejando que las sustancias pasen gradualmente de estado sólido a líquido, hasta que lleguen a una temperatura, para la parafina a 90°C y la cera de abeja a 80°C, este procedimiento se realizó en el laboratorio de concreto y materiales de la facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Andina del Cusco.

Figura N°47. Cambio de estado sólido a liquido de la parafina y la cera de abeja.



Fuente: Elaboración Propia.

- Al observar la imagen, se confirma que los aditivos han pasado a estado líquido, lo que permite tratar las muestras de madera con Parafina y Cera de Abeja.



Figura N°48. Proceso de tratamiento con parafina y cera de abeja.



Fuente: Elaboración Propia.

- Las muestras de madera se colocan dentro de las bandejas de gran tamaño, lo que obliga a separarla de otras muestras para garantizar un secado uniforme y sin defectos.

Figura N°49. Proceso de secado de las muestras tratadas con parafina y cera de abeja.



Fuente: Elaboración Propia.

- Para tratar las muestras de madera con aceite de cocina usado, el aceite debe llevarse a una temperatura para que baje la densidad, las bandejas deben estar preparadas para colocar después del tratamiento de la madera.



Figura N°50. Proceso de tratamiento de las muestras con aceite de cocina usado.



Fuente: Elaboración Propia.

3.5.1.4. Procedimiento para determinar el contenido de humedad de la madera

a) Equipos utilizados

- Vernier
- Wincha
- Higrómetro
- Balanza
- Horno

b) Procedimiento

- Las muestras para este ensayo se sometieron a mediciones de altura, espesor y longitud utilizando el instrumento de vernier y wincha, este procedimiento se realizó en el laboratorio de concreto y materiales de la facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Andina del Cusco.

Figura N°51. Medición de las muestras de madera en laboratorio.



Fuente: Elaboración Propia.



- Así mismo con el higrómetro se procedió a verificar el porcentaje de humedad en las muestras que se utilizó.

Figura N°52. Verificación del contenido de humedad de las muestras de madera.



Fuente: Elaboración Propia.

3.5.1.5. Procedimiento para Determinar la Densidad Básica de la Madera

a) Equipos Utilizados

- Wincha
- Vernier
- Balanza
- Horno

b) Procedimiento

- Las muestras incluidas en este experimento se sometieron a mediciones de altura, ancho y longitud con el vernier y wincha. Siguientemente en cada muestra se midió su peso húmedo utilizando una balanza electrónica, para luego llevarlo al horno donde se sometieron a una temperatura controlada de 20°C, y se incrementó la temperatura a 40°C con el tiempo, para que no presenten fisuras y calcular su peso seco, este procedimiento se realizó en el laboratorio de concreto y materiales de la facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Andina del Cusco.



Figura N°53. Medición de las muestras y su ingreso al horno.



Fuente: Elaboración Propia.

- Se retiro del horno las muestras de madera, para seguidamente pesar en su estado seco.

Figura N°54. Retiro de las muestras para su pesaje correspondiente.



Fuente: Elaboración Propia.

3.5.1.6. Procedimiento para determinar la dureza por método Brinell de la madera

a) Equipo utilizados

- Vernier
- Regla metálica
- Microscopio
- Equipo completo de Brinell

b) Procedimiento.

- Tras la medición de las muestras de madera, se introdujeron en el equipo de dureza de Brinell, donde se aplicó una carga durante 20 segundos para obtener la impresión en la muestra de madera. Este proceso se llevó a cabo tanto en las muestras de madera sin



tratar como en las muestras con parafina, cera de abeja y aceite de cocina usado, este procedimiento se realizó en el laboratorio de concreto y materiales de la facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Andina del Cusco.

Figura N°55. Procedimiento de la impresión en el equipo de Brinell.



Fuente: Elaboración Propia.

- Después de la aplicación del equipo de Brinell a la muestra, seguidamente se procede a medir la huella dejada por la billa y se registraron debidamente los datos con el microscopio.

Figura N°56. Medición de huellas del equipo de Brinell.



Fuente: Elaboración Propia.



3.5.1.7. Procedimiento para Determinar la Resistencia a la Compresión Paralelo al Grano de la Madera

a) Equipos Utilizados

- Vernier
- Wincha
- Equipo a Compresión
- Dial deformímetro analógico
- Placas de metal

b) Procedimiento

- Para la experimentación se seleccionaron varias muestras de madera, cada una en su forma original y tratada con distintos aditivos, a continuación, estas muestras se sometieron a pruebas de compresión con el equipo especializado, este procedimiento se realizó en el laboratorio de concreto y materiales de la facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Andina del Cusco.

Figura N°57. Proceso de ensayo resistencia a la compresión paralela.



Fuente: Elaboracion Propia.

3.5.1.8. Procedimiento para Determinar la Resistencia a la Compresión Perpendicular al Grano de la Madera

a) Equipos Utilizados

- Wincha
- Equipo a Compresión



- Dial deformímetro Analógico
- Placas de Metal

b) Procedimiento

- Se toman las medidas de las dimensiones de las muestras y a continuación, se coloca la muestra horizontalmente dentro del aparato de compresión, este procedimiento se realizó en el laboratorio de concreto y materiales de la facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Andina del Cusco.

Figura N°58. Proceso de ensayo de resistencia a la compresión perpendicular en las muestras de madera.



Fuente: Elaboración Propia.

3.5.1.9. Procedimiento para Determinar la Resistencia al Cizallamiento Perpendicular al Grano de la Madera

a) Equipos utilizados

- Wincha
- Equipo a Compresión
- Placas con Forma para el ensayo

b) Procedimiento

- Tras obtener las mediciones de todas las dimensiones de la muestra del equipo, procedemos a realizar la prueba. Es importante señalar que esta muestra en particular requiere el uso de placas de forma especial para el ensayo, este procedimiento se realizó en el laboratorio de concreto y materiales de la facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Andina del Cusco.



Figura N°59. Proceso de ensayo de resistencia al cizallamiento de la madera.



Fuente: Elaboración Propia.

3.5.1.10. Procedimiento para la Resistencia a la Flexión Estática de la Madera

a) Equipos utilizados

- Vernier
- Wincha
- Aditamentos Metalicos
- Equipo de ensayo CBR

b) Procedimiento

- Las muestras se sometieron a medicion, con posterior registro de los datos obtenidos. A continuacion, los soportes metalicos se fijaron en el equipo, la muestra se coloco cuidadosamente en el interior del equipo, de califomia Bearing Ratio (CBR), este procedimiento se realizo en el laboratorio de concreto y materiales de la facultad de Ingenieria y Arquitectura de la Universidad Andina del Cusco.

Figura N°60. Ensayo de resistencia a la flexion estatica de la madera.



Fuente: Elaboración Propia.



3.5.2. Toma de datos

3.5.2.1. Toma de datos del ensayo de contenido de humedad de la madera

Tabla N°18. Toma de datos del ensayo de contenido de humedad de la madera en estado natural.

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 					
TESIS:	ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALIPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.				
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 01			CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MADERA		
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elwer			ESPECIE: Eucalyptus glóbulus con Parafina		
MATERIAL: Madera			FECHA: 22/05/2023		
N° Muestra	Altura	Espesor	Largo	Volumen	Contenido de humedad
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm3)	(%)
1	3.05	3.00	10.10		
2	3.00	2.90	10.10		
3	3.00	2.95	10.10		
4	3.00	2.95	10.00		
5	3.00	3.00	10.15		
6	2.98	3.00	10.00		
7	2.95	3.00	10.00		
8	2.95	3.00	10.10		
9	3.05	3.05	10.05		
10	3.00	3.00	10.05		
11	3.00	3.00	10.05		
12	3.00	3.00	10.00		
13	2.90	3.00	10.00		
14	3.00	2.95	10.00		
15	3.05	3.00	10.00		
16	3.01	3.00	10.00		
17	3.00	3.00	10.10		
18	3.00	3.00	9.95		
19	3.00	3.00	10.10		
20	3.00	3.00	10.10		
21	3.00	3.00	10.00		
22	2.95	3.00	10.00		
23	2.95	3.00	10.05		
24	3.00	3.05	10.10		
25	3.00	3.05	10.00		
26	2.98	3.05	10.00		
27	2.98	3.05	10.00		
28	3.00	3.10	10.00		
29	3.00	3.10	10.00		
30	2.98	3.00	10.00		

Fuente: Elaboración Propia.



Tabla N°19. Toma de datos del ensayo de contenido de humedad de la madera con parafina.

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 					
TESIS:	ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALYPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.				
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 01			CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MADERA		
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elwer				ESPECIE: Eucalyptus glóbulus con Parafina	
MATERIAL: Madera				FECHA: 22/05/2023	
N° Muestra	Altura	Espesor	Largo	Volumen	Contenido de humedad
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ³)	(%)
1	3.00	3.02	10.50		
2	2.98	3.00	9.95		
3	2.95	3.00	10.00		
4	2.95	3.00	10.00		
5	2.98	3.05	10.00		
6	2.98	3.05	10.00		
7	3.00	3.10	10.00		
8	3.00	3.10	10.00		
9	3.00	3.05	10.00		
10	3.00	3.05	10.00		
11	3.00	3.00	10.00		
12	3.00	3.00	10.00		
13	3.00	3.00	10.00		
14	3.00	3.00	10.00		
15	3.00	3.00	10.00		
16	3.00	2.95	10.00		
17	3.05	3.00	10.00		
18	2.90	3.00	10.05		
19	3.00	3.00	10.05		
20	3.00	3.00	10.05		
21	3.00	3.00	10.05		
22	2.95	3.00	10.10		
23	2.95	3.00	10.10		
24	2.98	3.00	10.10		
25	3.00	3.00	10.10		
26	3.00	2.95	10.10		
27	3.00	2.95	10.10		
28	3.00	2.90	10.10		
29	3.05	3.05	10.10		
30	3.05	3.00	10.15		

Fuente: Elaboración Propia.



Tabla N°20. Toma de datos del ensayo de contenido de humedad de la madera con cera de abeja

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 					
TESIS:		ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALYPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.			
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 01			CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MADERA		
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elwer			ESPECIE: Eucalyptus glóbulus con Cera de Abeja		
MATERIAL: Madera			FECHA: 22/05/2023		
N° Muestra	Altura	Espesor	Largo	Volumen	Contenido de humedad
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ³)	(%)
1	3.01	3.00	10.00		
2	3.00	3.00	10.00		
3	3.00	3.05	10.00		
4	2.98	3.00	9.95		
5	3.00	3.00	10.00		
6	2.98	3.00	10.10		
7	3.05	3.00	10.00		
8	3.00	3.00	10.00		
9	3.05	3.05	10.10		
10	3.00	2.95	10.00		
11	2.95	3.00	10.00		
12	3.00	3.10	10.00		
13	3.00	3.00	10.05		
14	3.00	3.00	10.10		
15	2.95	3.00	10.10		
16	3.00	3.05	10.00		
17	2.98	3.05	10.00		
18	3.05	3.00	10.15		
19	3.00	3.00	10.00		
20	3.00	3.00	10.05		
21	2.98	3.05	10.00		
22	3.00	2.95	10.10		
23	2.95	3.00	10.00		
24	3.00	3.10	10.00		
25	2.95	3.00	10.10		
26	3.00	3.00	10.05		
27	2.90	3.00	10.05		
28	3.00	2.90	10.10		
29	3.00	3.00	10.00		
30	3.00	2.95	10.10		

Fuente: Elaboración Propia.



Tabla N°21. Toma de datos del ensayo de contenido de humedad de la madera con ACU.

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 					
TESIS:	ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALYPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.				
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 01			CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MADERA		
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elwer			ESPECIE: Eucalyptus glóbulus con Aceite de Cocina Usado		
MATERIAL: Madera			FECHA: 22/05/2023		
N° Muestra	Altura	Espesor	Largo	Volumen	Contenido de humedad
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ³)	(%)
1	3.01	3.00	10.00		
2	2.98	3.00	10.10		
3	3.00	3.00	10.00		
4	3.00	2.95	10.00		
5	3.00	3.10	10.00		
6	3.00	3.10	10.00		
7	2.98	3.05	10.00		
8	3.00	3.00	10.10		
9	3.00	3.05	10.00		
10	3.00	3.00	10.00		
11	3.05	3.05	10.10		
12	3.05	3.00	10.15		
13	3.05	3.00	10.00		
14	3.00	3.00	10.00		
15	3.00	3.00	10.00		
16	3.00	2.95	10.10		
17	2.98	3.00	9.95		
18	3.00	3.00	10.05		
19	3.00	2.95	10.10		
20	3.00	2.90	10.10		
21	2.95	3.00	10.10		
22	3.00	3.00	10.05		
23	3.00	3.05	10.00		
24	2.90	3.00	10.05		
25	2.95	3.00	10.00		
26	2.95	3.00	10.10		
27	2.98	3.05	10.00		
28	3.00	3.00	10.00		
29	3.00	3.00	10.05		
30	2.95	3.00	10.00		

Fuente: Elaboración Propia.



3.5.2.2. Toma de datos del ensayo de densidad básica de la madera

Tabla N°22. Toma de datos del ensayo de densidad básica de la madera en estado natural.

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 							
TESIS:	ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALIPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.						
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 02			DENSIDAD BASICA DE LA MADERA				
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elwer				ESPECIE: Eucalyptus glóbulus en Estado Natural			
MATERIAL: Madera				FECHA: 25/05/2023			
N° Muestra	Altura	Espesor	Largo	Volumen	Peso Humedo	Peso Seca	Densidad Basica
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ³)	(gr)	(gr)	(gr/cm ³)
1	3.05	3.00	10.10		93.00	88.00	
2	3.00	2.90	10.10		85.00	80.00	
3	3.00	2.95	10.10		88.00	84.00	
4	3.00	2.95	10.00		87.00	83.00	
5	3.00	3.00	10.15		90.00	86.00	
6	2.98	3.00	10.00		87.00	82.00	
7	2.95	3.00	10.00		88.00	84.00	
8	2.95	3.00	10.10		84.00	80.00	
9	3.05	3.05	10.05		87.00	80.00	
10	3.00	3.00	10.05		89.00	85.00	
11	3.00	3.00	10.05		88.00	83.00	
12	3.00	3.00	10.00		90.00	85.00	
13	2.90	3.00	10.00		87.00	83.00	
14	3.00	2.95	10.00		85.00	80.00	
15	3.05	3.00	10.00		86.00	82.00	
16	3.01	3.00	10.00		87.00	82.00	
17	3.00	3.00	10.10		78.00	73.00	
18	3.00	3.00	9.95		87.00	83.00	
19	3.00	3.00	10.10		84.00	82.00	
20	3.00	3.00	10.10		86.00	83.00	
21	3.00	3.00	10.00		87.00	84.00	
22	2.95	3.00	10.00		88.00	84.00	
23	2.95	3.00	10.05		86.00	83.00	
24	3.00	3.05	10.10		89.00	85.00	
25	3.00	3.05	10.00		80.00	77.00	
26	2.98	3.05	10.00		87.00	83.00	
27	2.98	3.05	10.00		88.00	84.00	
28	3.00	3.10	10.00		89.00	85.00	
29	3.00	3.10	10.00		88.00	84.00	
30	2.98	3.00	10.00		83.00	79.00	

Fuente: Elaboración Propia



Tabla N°23. Toma de datos del ensayo de densidad básica de la madera con parafina.

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 							
TESIS:	ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALIPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.						
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 02			DENSIDAD BASICA DE LA MADERA				
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elwer				ESPECIE: Eucalyptus glóbulus con Parafina			
MATERIAL: Madera				FECHA: 25/05/2023			
N° Muestra	Altura	Espesor	Largo	Volumen	Peso 1	Peso 2	Densidad Basica
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ³)	(gr)	(gr)	(gr/cm ³)
1	3.00	3.02	10.50		117.00	108.00	
2	2.98	3.00	9.95		118.00	108.00	
3	2.95	3.00	10.00		119.00	107.00	
4	2.95	3.00	10.00		119.00	107.00	
5	2.98	3.05	10.00		121.00	109.00	
6	2.98	3.05	10.00		122.00	110.00	
7	3.00	3.10	10.00		121.00	112.00	
8	3.00	3.10	10.00		122.00	110.00	
9	3.00	3.05	10.00		118.00	108.00	
10	3.00	3.05	10.00		120.00	108.00	
11	3.00	3.00	10.00		118.00	109.00	
12	3.00	3.00	10.00		122.00	111.00	
13	3.00	3.00	10.00		122.00	111.00	
14	3.00	3.00	10.00		119.00	109.00	
15	3.00	3.00	10.00		120.00	109.00	
16	3.00	2.95	10.00		119.00	108.00	
17	3.05	3.00	10.00		119.00	108.00	
18	2.90	3.00	10.05		121.00	109.00	
19	3.00	3.00	10.05		120.00	109.00	
20	3.00	3.00	10.05		120.00	110.00	
21	3.00	3.00	10.05		122.00	110.00	
22	2.95	3.00	10.10		120.00	108.00	
23	2.95	3.00	10.10		121.00	109.00	
24	2.98	3.00	10.10		119.00	110.00	
25	3.00	3.00	10.10		122.00	112.00	
26	3.00	2.95	10.10		119.00	110.00	
27	3.00	2.95	10.10		122.00	112.00	
28	3.00	2.90	10.10		118.00	109.00	
29	3.05	3.05	10.10		121.00	112.00	
30	3.05	3.00	10.15		120.00	110.00	

Fuente: Elaboración Propia.



Tabla N°24. Toma de datos del ensayo de densidad básica de la madera con cera de abeja.

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 							
TESIS:	ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALIPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.						
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 02			DENSIDAD BASICA DE LA MADERA				
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elwer				ESPECIE: Eucalyptus glóbulos con Cera de Abeja			
MATERIAL: Madera				FECHA: 25/05/2023			
N° Muestra	Altura	Espesor	Largo	Volumen	Peso 1	Peso 2	Densidad Basica
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ³)	(gr)	(gr)	(gr/cm ³)
1	3.01	3.00	10.00		121.00	112.00	
2	3.00	3.00	10.00		119.00	107.00	
3	3.00	3.05	10.00		118.00	109.00	
4	2.98	3.00	9.95		120.00	109.00	
5	3.00	3.00	10.00		121.00	112.00	
6	2.98	3.00	10.10		120.00	108.00	
7	3.05	3.00	10.00		122.00	111.00	
8	3.00	3.00	10.00		122.00	112.00	
9	3.05	3.05	10.10		121.00	109.00	
10	3.00	2.95	10.00		122.00	111.00	
11	2.95	3.00	10.00		118.00	108.00	
12	3.00	3.10	10.00		118.00	109.00	
13	3.00	3.00	10.05		120.00	110.00	
14	3.00	3.00	10.10		119.00	108.00	
15	2.95	3.00	10.10		119.00	110.00	
16	3.00	3.05	10.00		119.00	107.00	
17	2.98	3.05	10.00		122.00	110.00	
18	3.05	3.00	10.15		119.00	108.00	
19	3.00	3.00	10.00		121.00	112.00	
20	3.00	3.00	10.05		122.00	112.00	
21	2.98	3.05	10.00		122.00	110.00	
22	3.00	2.95	10.10		120.00	110.00	
23	2.95	3.00	10.00		121.00	109.00	
24	3.00	3.10	10.00		119.00	109.00	
25	2.95	3.00	10.10		119.00	110.00	
26	3.00	3.00	10.05		120.00	109.00	
27	2.90	3.00	10.05		120.00	108.00	
28	3.00	2.90	10.10		122.00	110.00	
29	3.00	3.00	10.00		121.00	109.00	
30	3.00	2.95	10.10		118.00	108.00	

Fuente: Elaboración Propia.



Tabla N°25. Toma de datos del ensayo de densidad básica de la madera con ACU.

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 							
TESIS:	ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALIPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.						
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 02			DENSIDAD BASICA DE LA MADERA				
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elwer				ESPECIE: Eucalyptus glóbulos con Aceite de Cocina Usado			
MATERIAL: Madera				FECHA: 25/05/2023			
N° Muestra	Altura	Espesor	Largo	Volumen	Peso 1	Peso 2	Densidad Basica
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ³)	(gr)	(gr)	(gr/cm ³)
1	3.01	3.00	10.00		110.00	98.00	
2	2.98	3.00	10.10		107.00	94.00	
3	3.00	3.00	10.00		108.00	96.00	
4	3.00	2.95	10.00		108.00	96.00	
5	3.00	3.10	10.00		107.00	95.00	
6	3.00	3.10	10.00		109.00	98.00	
7	2.98	3.05	10.00		107.00	97.00	
8	3.00	3.00	10.10		107.00	95.00	
9	3.00	3.05	10.00		110.00	98.00	
10	3.00	3.00	10.00		109.00	98.00	
11	3.05	3.05	10.10		110.00	97.00	
12	3.05	3.00	10.15		107.00	98.00	
13	3.05	3.00	10.00		108.00	97.00	
14	3.00	3.00	10.00		107.00	95.00	
15	3.00	3.00	10.00		110.00	97.00	
16	3.00	2.95	10.10		108.00	95.00	
17	2.98	3.00	9.95		110.00	97.00	
18	3.00	3.00	10.05		108.00	95.00	
19	3.00	2.95	10.10		107.00	96.00	
20	3.00	2.90	10.10		108.00	96.00	
21	2.95	3.00	10.10		107.00	95.00	
22	3.00	3.00	10.05		107.00	98.00	
23	3.00	3.05	10.00		107.00	94.00	
24	2.90	3.00	10.05		109.00	96.00	
25	2.95	3.00	10.00		107.00	98.00	
26	2.95	3.00	10.10		108.00	98.00	
27	2.98	3.05	10.00		110.00	97.00	
28	3.00	3.00	10.00		107.00	95.00	
29	3.00	3.00	10.05		107.00	96.00	
30	2.95	3.00	10.00		109.00	98.00	

Fuente: Elaboración Propia.



3.5.2.3. Toma de datos del ensayo dureza por el método de Brinell

Tabla N°26. Toma de datos del ensayo de dureza por el método Brinell en estado natural.

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 				
TESIS:		ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALIPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.		
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 03		DUREZA POR EL MÉTODO BRINELL		
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elwer			ESPECIE: Eucalyptus glóbulus en Estado Natural	
MATERIAL: Madera			FECHA: 01/05/2023	
N° Muestra	Diametro de huella	Diametro de Billa	Fuerza Aplicada	Dureza de Brinell
	d (mm)	D (mm)	P (kg)	(kg/mm ²)
1	5.40	10.00	100.00	
2	5.10	10.00	100.00	
3	5.70	10.00	100.00	
4	5.20	10.00	100.00	
5	5.10	10.00	100.00	
6	5.00	10.00	100.00	
7	5.30	10.00	100.00	
8	5.40	10.00	100.00	
9	5.20	10.00	100.00	
10	5.60	10.00	100.00	
11	5.30	10.00	100.00	
12	5.60	10.00	100.00	
13	5.30	10.00	100.00	
14	5.20	10.00	100.00	
15	5.60	10.00	100.00	
16	5.40	10.00	100.00	
17	5.20	10.00	100.00	
18	5.30	10.00	100.00	
19	5.60	10.00	100.00	
20	5.60	10.00	100.00	
21	5.50	10.00	100.00	
22	5.50	10.00	100.00	
23	5.60	10.00	100.00	
24	5.50	10.00	100.00	
25	5.60	10.00	100.00	
26	5.50	10.00	100.00	
27	5.60	10.00	100.00	
28	5.20	10.00	100.00	
29	5.30	10.00	100.00	
30	5.50	10.00	100.00	

Fuente: Elaboración Propia.



Tabla N°27. Toma de datos del ensayo de dureza por el método Brinell con parafina.

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 				
TESIS:		ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALIPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.		
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 03		DUREZA POR EL MÉTODO BRINELL		
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elwer			ESPECIE: Eucalyptus glóbulus con Parafina	
MATERIAL: Madera			FECHA: 01/05/2023	
N° Muestra	Diametro de huella	Diametro de Billa	Fuerza Aplicada	Dureza de Brinell
	d (mm)	D (mm)	P (kg)	(kg/mm ²)
1	3.60	10.00	100.00	
2	3.50	10.00	100.00	
3	3.50	10.00	100.00	
4	3.70	10.00	100.00	
5	3.60	10.00	100.00	
6	3.50	10.00	100.00	
7	3.60	10.00	100.00	
8	3.70	10.00	100.00	
9	3.50	10.00	100.00	
10	3.70	10.00	100.00	
11	3.50	10.00	100.00	
12	3.70	10.00	100.00	
13	3.50	10.00	100.00	
14	3.60	10.00	100.00	
15	3.60	10.00	100.00	
16	3.70	10.00	100.00	
17	3.50	10.00	100.00	
18	3.40	10.00	100.00	
19	3.50	10.00	100.00	
20	3.50	10.00	100.00	
21	3.70	10.00	100.00	
22	3.60	10.00	100.00	
23	3.50	10.00	100.00	
24	3.60	10.00	100.00	
25	3.50	10.00	100.00	
26	3.60	10.00	100.00	
27	3.60	10.00	100.00	
28	3.50	10.00	100.00	
29	3.70	10.00	100.00	
30	3.50	10.00	100.00	

Fuente: Elaboración Propia.



Tabla N°28. Toma de datos del ensayo de dureza por el método Brinell con cera de abeja.

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 				
TESIS:		ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALIPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.		
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 03		DUREZA POR EL MÉTODO BRINELL		
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elwer			ESPECIE: Eucalyptus glóbulus con Cera de Abeja	
MATERIAL: Madera			FECHA: 01/05/2023	
N° Muestra	Diametro de huella	Diametro de Billa	Fuerza Aplicada	Dureza de Brinell
	d (mm)	D (mm)	P (kg)	(kg/mm ²)
1	3.80	10.00	100.00	
2	3.70	10.00	100.00	
3	3.70	10.00	100.00	
4	3.90	10.00	100.00	
5	3.80	10.00	100.00	
6	3.70	10.00	100.00	
7	3.80	10.00	100.00	
8	3.90	10.00	100.00	
9	3.70	10.00	100.00	
10	3.90	10.00	100.00	
11	3.70	10.00	100.00	
12	3.90	10.00	100.00	
13	3.70	10.00	100.00	
14	3.80	10.00	100.00	
15	3.80	10.00	100.00	
16	3.90	10.00	100.00	
17	3.70	10.00	100.00	
18	3.60	10.00	100.00	
19	3.70	10.00	100.00	
20	3.70	10.00	100.00	
21	3.90	10.00	100.00	
22	3.80	10.00	100.00	
23	3.70	10.00	100.00	
24	3.80	10.00	100.00	
25	3.70	10.00	100.00	
26	3.80	10.00	100.00	
27	3.80	10.00	100.00	
28	3.70	10.00	100.00	
29	3.90	10.00	100.00	
30	3.70	10.00	100.00	

Fuente: Elaboración Propia.



Tabla N°29. Toma de datos del ensayo de dureza por el método Brinell con ACU.

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 				
TESIS:		ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALIPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.		
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 03		DUREZA POR EL MÉTODO BRINELL		
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elwer			ESPECIE: Eucalyptus glóbulus con Aceite de Cocina Usado	
MATERIAL: Madera			FECHA: 01/05/2023	
N° Muestra	Diametro de huella	Diametro de Billa	Fuerza Aplicada	Dureza de Brinell
	d (mm)	D (mm)	P (kg)	(kg/mm ²)
1	5.50	10.00	100.00	
2	5.50	10.00	100.00	
3	5.20	10.00	100.00	
4	5.40	10.00	100.00	
5	5.50	10.00	100.00	
6	5.50	10.00	100.00	
7	5.00	10.00	100.00	
8	5.50	10.00	100.00	
9	5.10	10.00	100.00	
10	5.30	10.00	100.00	
11	5.50	10.00	100.00	
12	5.20	10.00	100.00	
13	5.40	10.00	100.00	
14	5.10	10.00	100.00	
15	5.20	10.00	100.00	
16	5.40	10.00	100.00	
17	5.50	10.00	100.00	
18	5.10	10.00	100.00	
19	5.50	10.00	100.00	
20	5.40	10.00	100.00	
21	5.30	10.00	100.00	
22	5.20	10.00	100.00	
23	5.10	10.00	100.00	
24	5.30	10.00	100.00	
25	5.60	10.00	100.00	
26	5.00	10.00	100.00	
27	4.90	10.00	100.00	
28	5.10	10.00	100.00	
29	5.20	10.00	100.00	
30	5.40	10.00	100.00	

Fuente: Elaboración Propia.



3.5.2.4. Toma de datos del ensayo de resistencia a la compresión paralelo al grano

Tabla N°30. Toma de datos del ensayo de resistencia a la compresión paralelo al grano en estado natural

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
TESIS:		ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALIPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.					
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARALELO AL GRANO					
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elwer		ESPECIE: Eucalyptus glóbulus en Estado Natural					
MATERIAL: Madera		FECHA: 29/05/2023					
N° Muestra	Altura (cm)	Espesor (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga max P (kg)	Deformación D (mm)	Esfuerzo C. kg/cm ²
1	4.90	4.80	20.00		7482.00	1.2108	
2	4.75	4.70	20.10		7472.00	1.2192	
3	4.70	4.80	20.00		7447.00	0.8255	
4	4.75	4.90	20.15		7523.00	0.9550	
5	4.80	4.90	19.90		7516.00	0.6477	
6	5.00	4.80	20.00		7493.00	0.8331	
7	4.60	5.00	19.80		7501.00	0.8778	
8	4.80	4.90	20.10		7412.00	1.1049	
9	5.00	5.00	20.00		7466.00	0.8687	
10	4.90	4.90	20.00		7472.00	0.6706	
11	5.00	4.85	20.00		7410.00	0.6858	
12	4.75	4.85	19.80		7480.00	0.8890	
13	5.00	4.80	20.00		7447.00	0.7112	
14	4.85	4.80	19.90		7505.00	1.5664	
15	4.78	4.80	20.00		7458.00	0.6121	
16	4.75	4.80	20.00		7514.00	1.2780	
17	5.00	4.80	20.20		7485.00	0.6553	
18	4.80	4.80	19.80		7396.00	0.7061	
19	4.80	4.75	19.85		7452.00	0.7874	
20	4.75	5.00	20.15		7469.00	1.5842	
21	5.00	4.80	20.00		7430.00	1.1842	
22	4.80	4.70	20.00		7453.00	0.7417	
23	4.70	4.80	20.00		7406.00	1.5385	
24	4.80	4.90	20.00		7461.00	0.8788	
25	5.00	4.90	20.00		7497.00	0.7087	
26	4.90	4.80	20.00		7445.00	0.9185	
27	4.80	5.00	20.00		7519.00	0.9144	
28	4.95	4.90	20.00		7433.00	0.8914	
29	4.90	5.00	20.00		7395.00	0.8128	
30	5.00	5.00	20.00		7397.00	1.1698	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°31. Toma de datos del ensayo de resistencia a la compresión paralelo al grano con parafina.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
TESIS:		ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALIPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.					
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARALELO AL GRANO					
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elwer		ESPECIE: Eucalyptus glóbulus con Parafina					
MATERIAL: Madera		FECHA: 29/05/2023					
N° Muestra	Altura (cm)	Espesor (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga max P (kg)	Deformación D (mm)	Esfuerzo C. kg/cm ²
1	5.10	5.00	20.00		8385.00	0.6950	
2	4.90	5.00	20.10		7839.00	0.6103	
3	5.15	5.10	20.00		8477.00	0.3725	
4	5.00	5.00	20.05		8166.00	0.4781	
5	5.10	4.80	20.00		8646.00	0.4328	
6	5.10	4.95	20.10		7954.00	0.5349	
7	5.00	5.00	20.10		8524.00	0.9572	
8	5.10	5.00	20.00		8369.00	0.8298	
9	5.00	4.90	20.00		8129.00	0.4808	
10	4.80	5.00	20.00		8220.00	0.5751	
11	5.00	4.95	20.10		7926.00	0.3821	
12	5.00	4.90	20.00		7893.00	1.3886	
13	5.00	5.00	20.10		8018.00	0.3775	
14	5.10	4.90	20.00		7840.00	1.6738	
15	5.00	5.00	20.00		8263.00	0.8404	
16	5.00	4.90	20.00		8481.00	0.4682	
17	5.00	5.15	20.10		8558.00	0.5513	
18	5.10	5.00	20.00		8335.00	0.9980	
19	5.00	5.10	20.10		8656.00	0.3775	
20	5.00	5.10	20.10		8056.00	1.6738	
21	5.00	5.00	20.10		7830.00	0.8404	
22	4.90	5.10	20.00		7862.00	0.4682	
23	5.00	5.00	20.00		8213.00	0.5513	
24	4.90	4.80	20.05		7876.00	0.9572	
25	5.15	5.00	20.00		8201.00	0.8298	
26	4.95	5.00	20.10		8629.00	0.4808	
27	4.90	5.00	20.00		8178.00	0.5751	
28	5.00	5.10	20.05		7915.00	0.3821	
29	4.90	5.00	20.00		8508.00	0.4328	
30	5.00	5.00	20.00		7948.00	0.5349	

Fuente: Elaboración Propia.



Tabla N°32. Toma de datos del ensayo de resistencia a la compresión paralelo al grano con cera de abeja.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
TESIS:	ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALIPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.						
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04				RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARALELO AL GRANO			
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elwer				ESPECIE: Eucalyptus glóbulus con Cera de Abeja			
MATERIAL: Madera				FECHA: 29/05/2023			
N° Muestra	Altura (cm)	Espesor (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga max P (kg)	Deformación D (mm)	Esfuerzo C. kg/cm ²
1	4.80	4.80	20.00		7731.00	1.2245	
2	4.90	4.90	20.00		7812.00	0.5674	
3	5.00	5.00	19.90		7789.00	0.9244	
4	5.00	4.80	20.00		7443.00	0.7232	
5	5.00	4.80	20.00		7614.00	1.4370	
6	4.90	4.80	19.90		7926.00	1.0459	
7	5.00	4.90	20.00		7896.00	0.9572	
8	4.90	5.00	20.10		7716.00	0.8298	
9	5.00	4.80	20.15		7808.00	0.4808	
10	4.90	4.90	20.00		7879.00	0.5751	
11	4.80	4.90	20.00		7906.00	0.3821	
12	4.80	4.90	19.80		7985.00	1.3886	
13	4.90	4.80	19.95		7790.00	0.3434	
14	4.90	4.90	20.00		7827.00	1.3633	
15	4.80	4.80	19.90		7451.00	0.7983	
16	4.80	4.80	19.90		7758.00	0.8052	
17	4.90	5.00	20.00		7998.00	1.1584	
18	4.90	5.00	20.00		7887.00	0.9980	
19	4.90	4.60	19.90		7874.00	0.3775	
20	4.90	4.90	19.90		7973.00	1.6738	
21	4.80	4.90	20.10		7635.00	0.8404	
22	4.90	4.80	20.10		7668.00	0.4682	
23	5.00	4.90	20.00		7675.00	0.5513	
24	4.90	4.80	20.10		7619.00	0.7985	
25	4.80	4.90	19.80		7985.00	0.6950	
26	5.00	4.90	20.00		7579.00	0.6103	
27	4.80	4.90	20.00		7470.00	0.3725	
28	4.90	4.90	20.00		7428.00	0.4781	
29	4.80	5.00	19.90		7806.00	0.4328	
30	4.80	4.80	20.00		7513.00	0.5349	



OBSERVACIONES:

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°33. Toma de datos del ensayo de resistencia a la compresión paralelo al grano con ACU.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
TESIS:	ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALIPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.						
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04				RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARALELO AL GRANO			
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elwer				ESPECIE: Eucalyptus glóbulus con Aceite de Cocina Usado			
MATERIAL: Madera				FECHA: 29/05/2023			
N° Muestra	Altura (cm)	Espesor (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga max P (kg)	Deformación D (mm)	Esfuerzo C. kg/cm ²
1	4.80	5.00	20.00		7985.00	1.6342	
2	5.10	5.10	20.05		7890.00	1.4842	
3	4.95	5.15	20.00		7981.00	0.8884	
4	5.00	5.10	20.50		7876.00	1.5085	
5	4.90	5.00	20.10		7994.00	0.6251	
6	5.00	4.80	20.00		7952.00	1.1544	
7	4.90	4.90	20.00		7977.00	0.5190	
8	5.00	5.00	20.00		7962.00	0.9059	
9	5.15	5.10	20.10		7960.00	1.6308	
10	4.90	5.10	20.00		7949.00	0.5049	
11	4.90	4.80	20.05		7875.00	1.7017	
12	5.10	5.00	20.05		7973.00	0.9423	
13	4.85	5.00	20.10		7927.00	1.1200	
14	5.00	5.00	20.00		7999.00	1.3908	
15	5.00	5.10	20.00		7941.00	0.6262	
16	4.90	4.90	20.00		7892.00	0.9462	
17	5.00	5.15	20.10		7952.00	0.9621	
18	5.10	5.00	20.00		7910.00	0.7444	
19	5.00	5.10	20.10		7938.00	0.3789	
20	4.80	5.10	20.10		7886.00	1.2864	
21	4.95	5.00	20.10		7927.00	0.5152	
22	5.00	5.10	20.00		7965.00	1.5604	
23	5.00	5.00	20.00		7913.00	0.9468	
24	4.90	4.80	20.05		7925.00	1.7530	
25	5.00	5.00	20.00		7932.00	1.2286	
26	4.95	5.00	20.10		7996.00	1.3073	
27	4.90	5.00	20.00		8003.00	1.2276	
28	5.00	5.10	20.05		7933.00	1.2093	
29	4.90	5.00	20.00		7946.00	1.4388	
30	5.00	5.00	20.00		7877.00	1.2964	



OBSERVACIONES:

Fuente: Elaboración Propia.



3.5.2.5. Toma de datos del ensayo de resistencia a la compresión perpendicular al grano

Tabla N°34. Toma de datos del ensayo de resistencia a la compresión perpendicular en estado natural.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL								
TESIS:		ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALIPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.						
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 05			RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO					
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elver				ESPECIE: Eucalyptus globulus en Estado Natural				
MATERIAL: Madera				FECHA: 29/05/2023				
N° Muestra	Altura (cm)	Espesor (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga max P (kg)	Deformación D (mm)	Esfuerzo C. kg/cm ²	GRAFICA DE CARGA Y DEFORMACION: Carga y Deformación D (mm)
1	4.90	5.00	15.00		7765	0.6736		
2	4.85	4.85	15.00		7462	0.3782		
3	4.85	4.90	15.00		7832	0.2992		
4	4.80	4.80	15.00		7501	0.3868		
5	5.00	4.80	15.00		7096	0.6451		
6	4.80	4.80	15.00		7687	0.3582		
7	4.80	4.80	15.00		7106	0.4629		
8	4.85	4.80	15.05		7756	0.7636		
9	4.90	4.80	15.00		7840	0.6969		
10	4.85	4.80	15.00		7372	0.7154		
11	4.80	4.80	15.00		7257	0.5296		
12	4.90	4.90	15.05		6872	0.4539		
13	4.90	4.80	15.00		7723	0.7568		
14	4.80	4.80	14.90		7206	0.6412		
15	4.90	4.78	15.00		7489	0.4986		
16	4.85	4.75	15.00		7252	0.8101		
17	4.90	4.80	15.00		7356	0.7356		
18	4.75	4.80	15.00		7825	0.7671		
19	4.70	4.80	15.00		7817	0.6873		
20	4.75	4.75	15.10		7666	0.6698		
21	4.80	4.90	15.00		7011	0.3692		
22	5.00	4.80	15.00		7156	0.7192		
23	4.60	4.70	15.00		7148	0.5463		
24	4.80	4.80	15.00		7459	0.5728		
25	5.00	4.90	15.10		7115	0.7368		
26	4.80	4.90	15.15		7758	0.3021		
27	5.00	4.80	15.00		7530	0.4365		
28	4.80	4.95	15.05		7344	0.5350		
29	5.00	4.90	15.05		7456	0.6684		
30	4.85	5.00	15.15		7211	0.3853		
								OBSERVACIONES:

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°35. Toma de datos del ensayo de resistencia a la compresión perpendicular con parafina.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL								
TESIS:		ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALIPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.						
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 05			RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO					
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elver				ESPECIE: Eucalyptus globulus con Parafina				
MATERIAL: Madera				FECHA: 29/05/2023				
N° Muestra	Altura (cm)	Espesor (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga max P (kg)	Deformación D (mm)	Esfuerzo C. kg/cm ²	GRAFICA DE CARGA Y DEFORMACION: Carga y Deformación D (mm)
1	5.00	5.00	15.05		8253.00	0.8100		
2	5.05	4.95	15.10		8184.00	0.6611		
3	5.10	5.00	15.00		8253.00	0.6500		
4	4.90	4.90	15.05		8330.00	1.0920		
5	5.10	5.10	15.05		8733.00	0.7217		
6	5.00	5.00	15.05		8325.00	0.5146		
7	4.90	4.90	15.10		8466.00	0.4939		
8	4.95	4.90	15.00		8216.00	0.6877		
9	5.00	5.00	15.05		8443.00	1.0189		
10	5.10	5.00	15.00		8083.00	0.8883		
11	5.00	4.90	15.00		8195.00	0.9969		
12	5.10	5.10	15.00		8824.00	0.8642		
13	5.00	5.00	15.00		8831.00	0.4492		
14	5.00	4.90	15.00		8428.00	0.6743		
15	4.90	5.00	15.05		8183.00	1.0355		
16	5.00	5.05	15.00		8385.00	0.8017		
17	5.00	5.00	15.00		8850.00	0.6429		
18	5.00	4.95	15.00		8366.00	0.6605		
19	4.90	4.90	15.00		8386.00	0.9536		
20	5.00	5.10	15.05		8789.00	0.5169		
21	5.00	4.90	15.00		8705.00	0.7297		
22	5.10	5.10	15.00		8807.00	1.0550		
23	4.95	4.95	15.00		8173.00	0.9993		
24	4.90	5.10	15.05		8312.00	1.0665		
25	5.10	5.00	15.00		8751.00	0.9949		
26	5.00	4.90	15.00		8668.00	0.5036		
27	5.10	5.00	15.00		8813.00	0.6841		
28	4.95	5.00	15.05		8336.00	0.5343		
29	5.00	4.90	15.05		8772.00	0.9413		
30	5.00	5.05	15.05		8861.00	0.4946		
								OBSERVACIONES:

Fuente: Elaboración Propia.



Tabla N°36. Toma de datos del ensayo de resistencia a la compresión perpendicular con cera de abeja.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
TESIS:	ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALIPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.						
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 05			RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO				
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elver				ESPECIE: Eucalyptus globulus con Cera de Abeja			
MATERIAL: Madera				FECHA: 29/05/2023			
N° Muestra	Altura (cm)	Espesor (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga max P (kg)	Deformación D (mm)	Esfuerzo C. kg/cm ²
1	5.00	5.00	15.00		7997.00	0.5639	
2	4.90	4.90	15.00		8273.00	0.5332	
3	4.70	4.90	15.10		8474.00	0.6670	
4	5.00	4.90	15.20		8057.00	1.0501	
5	4.90	4.90	15.00		8435.00	1.1067	
6	5.00	4.90	15.10		8169.00	0.8451	
7	4.80	4.90	15.10		7995.00	0.5733	
8	4.90	4.80	15.10		8031.00	0.7039	
9	4.90	4.90	15.00		8491.00	0.7371	
10	4.80	4.80	15.00		8256.00	0.6689	
11	4.90	4.90	15.10		8559.00	0.5445	
12	4.60	4.90	14.90		8496.00	0.8477	
13	4.70	4.80	15.00		8226.00	1.1050	
14	5.00	5.00	15.00		8287.00	0.9341	
15	4.90	5.00	15.00		8354.00	0.6493	
16	4.85	4.90	15.00		8443.00	1.0932	
17	5.00	5.00	15.00		8260.00	0.4812	
18	4.90	4.90	15.00		8042.00	0.9000	
19	4.90	4.90	15.00		8401.00	0.5332	
20	4.80	4.80	15.00		8474.00	0.7019	
21	4.90	4.90	15.00		8245.00	1.0750	
22	4.90	4.90	14.90		8416.00	0.5824	
23	5.00	5.00	14.90		8331.00	1.0400	
24	5.00	4.80	15.00		8133.00	0.4790	
25	4.90	4.90	15.00		8192.00	0.5271	
26	4.90	4.90	15.00		8479.00	1.0470	
27	5.00	4.90	15.00		8027.00	0.4101	
28	4.90	4.90	15.10		8347.00	0.9129	
29	4.90	4.90	15.30		8435.00	0.9786	
30	4.90	4.80	15.00		8113.00	0.8415	

GRAFICA DE CARGA Y DEFORMACION:

Carga y Deformacion D (mm)

OBSERVACIONES:

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°37. Toma de datos del ensayo de resistencia a la compresión perpendicular con ACU.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
TESIS:	ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALIPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.						
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 05			RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO				
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elver				ESPECIE: Eucalyptus globulus con Aceite de Cocina Usado			
MATERIAL: Madera				FECHA: 29/05/2023			
N° Muestra	Altura (cm)	Espesor (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga max P (kg)	Deformación D (mm)	Esfuerzo C. kg/cm ²
1	5.00	5.00	15.00		8013.00	0.7992	
2	4.95	5.05	15.05		7999.00	0.7753	
3	5.00	5.10	15.00		8071.00	0.5337	
4	4.90	4.90	15.10		7992.00	0.5577	
5	5.10	5.10	15.05		7984.00	0.4029	
6	5.00	5.00	15.00		8044.00	0.6283	
7	4.90	4.90	15.00		8036.00	0.8085	
8	4.90	4.95	15.10		8040.00	0.6643	
9	5.00	5.00	15.05		8077.00	0.6509	
10	5.00	5.10	15.05		8036.00	0.9495	
11	4.90	5.00	15.00		8029.00	0.6489	
12	5.10	5.10	15.00		8092.00	0.8501	
13	5.00	5.00	15.00		8010.00	0.8727	
14	4.90	5.00	15.00		8095.00	1.0821	
15	5.00	4.90	15.05		8115.00	1.0157	
16	5.05	5.00	15.00		7988.00	0.7955	
17	5.00	5.00	15.00		8071.00	0.5975	
18	4.95	5.00	15.00		8073.00	0.4217	
19	4.90	4.90	15.05		7987.00	0.4521	
20	5.10	5.00	15.05		8044.00	1.0280	
21	4.90	5.00	15.10		8116.00	0.5454	
22	5.10	5.10	15.00		8091.00	0.6285	
23	4.95	4.95	15.05		8061.00	0.6791	
24	5.10	4.90	15.05		8004.00	0.4884	
25	5.00	5.10	15.05		8079.00	0.4884	
26	4.90	5.00	15.10		8031.00	0.9484	
27	5.00	5.10	15.10		8016.00	0.8552	
28	5.00	4.95	15.05		8021.00	0.6118	
29	4.90	5.00	15.05		8008.00	0.8861	
30	5.05	5.00	15.00		8078.00	0.9851	

GRAFICA DE CARGA Y DEFORMACION:

Carga y Deformación D (mm)

OBSERVACIONES:

Fuente: Elaboración Propia.



3.5.2.6. Toma de datos del ensayo resistencia al cizallamiento paralelo al grano

Tabla N°38. Toma de datos de cizallamiento paralelo al grano en estado natural.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
TESIS:	ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALIPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.				
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 06			RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO PARALELO AL GRANO		
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elver			ESPECIE: Eucalyptus glóbulus en Estado Natural		
MATERIAL: Madera			FECHA: 30/05/2023		
N° Muestra	H pbta (cm)	E pbta (cm)	Área (cm ²)	Carga max P (kg)	Esfuerzo kg/cm ²
1	5.00	4.60		1305.00	
2	5.00	4.70		1298.00	
3	4.80	4.80		1059.00	
4	5.00	4.90		1185.00	
5	4.85	4.80		1049.00	
6	5.00	4.60		1299.00	
7	4.90	4.80		1170.00	
8	5.00	4.70		1273.00	
9	4.90	4.80		1260.00	
10	5.00	4.60		1295.00	
11	4.80	4.70		1089.00	
12	4.80	4.60		1307.00	
13	4.95	4.65		1051.00	
14	4.90	4.60		1312.00	
15	4.90	4.60		1279.00	
16	4.85	4.70		1062.00	
17	5.00	4.80		1217.00	
18	4.90	4.75		1125.00	
19	4.90	4.80		1174.00	
20	4.95	4.65		1048.00	
21	4.85	4.80		1195.00	
22	4.95	4.65		1089.00	
23	5.00	4.65		1099.00	
24	5.00	4.70		1270.00	
25	4.90	4.70		1058.00	
26	4.95	4.65		1273.00	
27	4.90	4.65		1205.00	
28	4.90	4.60		1287.00	
29	5.00	4.70		1131.00	
30	4.90	4.80		1099.00	

GRAFICA DE CARGA Y DE ESFUERZO:

OBSERVACIONES:

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°39. Toma de datos cizallamiento paralelo al grano con parafina.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
TESIS:	ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALIPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.				
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 06			RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO PARALELO AL GRANO		
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elver			ESPECIE: Eucalyptus glóbulus con Parafina		
MATERIAL: Madera			FECHA: 30/05/2023		
N° Muestra	H pbta (cm)	E pbta (cm)	Área (cm ²)	Carga max P (kg)	Esfuerzo kg/cm ²
1	5.05	4.90		2282.00	
2	5.10	5.00		2438.00	
3	5.00	5.00		2179.00	
4	4.90	4.90		2285.00	
5	4.95	5.00		2556.00	
6	4.95	4.90		2162.00	
7	5.10	4.95		2249.00	
8	5.00	5.00		2182.00	
9	4.90	5.00		2722.00	
10	4.95	5.00		2490.00	
11	4.90	5.00		2729.00	
12	4.90	4.90		2087.00	
13	5.00	5.00		2075.00	
14	4.90	4.90		2281.00	
15	5.00	4.90		2226.00	
16	4.90	4.95		2201.00	
17	5.00	5.00		2424.00	
18	5.10	5.00		2800.00	
19	5.00	5.00		2294.00	
20	4.90	5.00		2495.00	
21	4.95	4.90		2301.00	
22	4.90	4.95		2290.00	
23	5.00	5.00		2448.00	
24	5.00	4.90		2082.00	
25	5.00	5.00		2998.00	
26	4.90	5.00		2705.00	
27	4.90	4.90		2136.00	
28	5.00	4.95		2610.00	
29	4.90	5.00		2511.00	
30	5.00	5.00		2768.00	

GRAFICA DE CARGA Y DE ESFUERZO:

OBSERVACIONES:

Fuente: Elaboración Propia.



Tabla N°40. Toma de datos de cizallamiento paralelo al grano con cera de abeja.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
TESIS:		ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALIPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.			
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 06			RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO PARALELO AL GRANO		
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elwer			ESPECIE: Eucalyptus globulus con Cera de Abeja		
MATERIAL: Madera			FECHA: 30/05/2023		
N° Muestra	H pbta (cm)	E pbta (cm)	Área (cm ²)	Carga max P (kg)	Esfuerzo kg/cm ²
1	5.00	4.70		2310.00	
2	5.00	4.90		2410.00	
3	5.00	4.80		2190.00	
4	5.00	4.80		2610.00	
5	5.00	4.90		2390.00	
6	5.00	4.70		2770.00	
7	5.00	4.60		1560.00	
8	5.00	4.80		2135.00	
9	5.00	4.60		2040.00	
10	4.90	4.80		2076.00	
11	5.00	4.80		2160.00	
12	5.00	4.80		2240.00	
13	5.00	4.80		2020.00	
14	4.90	4.60		2105.00	
15	4.90	4.80		2440.00	
16	5.00	4.70		1930.00	
17	5.00	4.80		2090.00	
18	5.00	4.80		2480.00	
19	5.00	4.90		1490.00	
20	5.00	5.00		2740.00	
21	4.90	4.60		2110.00	
22	5.00	4.60		2320.00	
23	5.00	4.90		2720.00	
24	4.80	4.80		2720.00	
25	5.00	4.70		2200.00	
26	5.00	4.90		2220.00	
27	5.00	4.80		2300.00	
28	5.00	4.80		2140.00	
29	5.00	4.80		2000.00	
30	5.00	4.90		2320.00	

GRAFICA DE CARGA Y DE ESFUERZO:

OBSERVACIONES:

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°41. Toma de datos de cizallamiento paralelo al grano con ACU.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
TESIS:		ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALIPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.			
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 06			RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO PARALELO AL GRANO		
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elwer			ESPECIE: Eucalyptus globulus con Aceite de Cocina Usado		
MATERIAL: Madera			FECHA: 30/05/2023		
N° Muestra	H pbta (cm)	E pbta (cm)	Área (cm ²)	Carga max P (kg)	Esfuerzo kg/cm ²
1	5.05	4.90		1108.00	
2	5.00	5.00		1049.00	
3	4.00	5.00		1227.00	
4	4.90	4.90		965.00	
5	4.90	4.95		1083.00	
6	4.95	5.00		953.00	
7	4.90	4.95		1208.00	
8	4.90	5.00		1105.00	
9	5.00	5.00		1128.00	
10	5.00	5.00		1243.00	
11	5.00	5.00		978.00	
12	4.90	5.00		1171.00	
13	4.90	5.10		997.00	
14	4.90	5.00		1195.00	
15	4.95	5.10		965.00	
16	5.00	4.90		1220.00	
17	5.00	5.00		1228.00	
18	5.10	5.00		1230.00	
19	5.00	4.90		997.00	
20	4.90	5.00		1143.00	
21	4.95	5.00		1185.00	
22	4.90	4.90		1231.00	
23	5.00	5.00		1053.00	
24	5.00	5.00		992.00	
25	5.00	4.90		1189.00	
26	4.90	4.90		1188.00	
27	4.90	5.00		1014.00	
28	5.00	5.00		1198.00	
29	4.90	5.00		1036.00	
30	5.00	5.00		1197.00	

GRAFICA DE CARGA Y DE ESFUERZO:

OBSERVACIONES:

Fuente: Elaboración Propia.



3.5.2.7. Toma de datos del ensayo de resistencia a la flexión estática

Tabla N°42. Toma de datos de resistencia a la flexión estática en estado natural.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
TESIS:		ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALIPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.					
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07			RESISTENCIA A LA FLEXIÓN ESTÁTICA				
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Eber				ESPECIE: Eucalyptus glóbulos en Estado Natural			
MATERIAL: Madera				FECHA: 31/05/2023			
N° Muestra	Luz (cm)	Longitud (cm)	Altura (cm)	Espesor (cm)	Área (cm ²)	Carga max P (kg)	Esfuerzo kg/cm ²
1	17.50	41.25	2.50	2.45	2.45	487.53	
2	17.50	41.20	2.50	2.60		498.03	
3	17.50	41.00	2.60	2.70		474.27	
4	17.50	40.80	2.50	2.65		449.05	
5	17.50	41.05	2.40	2.60		474.07	
6	17.50	41.00	2.50	2.50		461.63	
7	17.50	41.20	2.70	2.50		487.42	
8	17.50	41.10	2.45	2.40		461.01	
9	17.50	41.15	2.50	2.60		472.94	
10	17.50	41.00	2.50	2.50		450.71	
11	17.50	40.90	2.50	2.70		460.25	
12	17.50	41.00	2.60	2.45		480.23	
13	17.50	41.00	2.50	2.50		485.09	
14	17.50	41.00	2.50	2.50		495.25	
15	17.50	41.20	2.40	2.50		468.03	
16	17.50	41.00	2.50	2.50		465.35	
17	17.50	41.00	2.40	2.60		475.98	
18	17.50	41.15	2.50	2.50		460.13	
19	17.50	41.10	2.50	2.40		468.35	
20	17.50	41.10	2.40	2.50		475.25	
21	17.50	41.10	2.50	2.70		469.78	
22	17.50	41.00	2.50	2.45		475.89	
23	17.50	41.00	2.70	2.50		479.25	
24	17.50	41.00	2.45	2.50		487.03	
25	17.50	40.80	2.50	2.50		490.75	
26	17.50	41.00	2.50	2.60		449.25	
27	17.50	40.90	2.50	2.70		475.78	
28	17.50	41.00	2.60	2.65		481.07	
29	17.50	41.00	2.50	2.60		487.25	
30	17.50	41.00	2.50	2.50		470.65	

GRAFICA DE CARGA Y DE ESFUERZO:

OBSERVACIONES:

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°43. Toma de datos de resistencia a la flexión estática con parafina.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
TESIS:		ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALIPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.					
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07			RESISTENCIA A LA FLEXIÓN ESTÁTICA				
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Eber				ESPECIE: Eucalyptus glóbulos con Parafina			
MATERIAL: Madera				FECHA: 31/05/2023			
N° Muestra	Luz (cm)	Longitud (cm)	Altura (cm)	Espesor (cm)	Área (cm ²)	Carga max P (kg)	Esfuerzo kg/cm ²
1	17.50	41.15	2.70	2.50		597.37	
2	17.50	41.10	2.45	2.50		589.26	
3	17.50	41.10	2.50	2.60		567.50	
4	17.50	41.10	2.50	2.50		596.72	
5	17.50	41.15	2.50	2.40		543.44	
6	17.50	41.15	2.60	2.50		555.53	
7	17.50	41.00	2.50	2.70		631.56	
8	17.50	41.00	2.50	2.45		557.35	
9	17.50	41.10	2.50	2.50		581.55	
10	17.50	41.00	2.50	2.50		629.15	
11	17.50	41.15	2.50	2.50		631.78	
12	17.50	41.15	2.50	2.60		611.55	
13	17.50	41.00	2.60	2.70		593.75	
14	17.50	41.00	2.50	2.65		603.63	
15	17.50	41.15	2.40	2.60		589.19	
16	17.50	41.15	2.50	2.50		569.88	
17	17.50	41.10	2.70	2.60		608.35	
18	17.50	41.00	2.45	2.50		599.96	
19	17.50	41.10	2.50	2.40		544.27	
20	17.50	41.10	2.40	2.50		618.57	
21	17.50	41.15	2.50	2.70		620.03	
22	17.50	41.15	2.50	2.45		597.51	
23	17.50	41.00	2.70	2.60		615.78	
24	17.50	41.00	2.45	2.50		606.14	
25	17.50	41.15	2.50	2.40		615.27	
26	17.50	41.15	2.50	2.45		596.66	
27	17.50	41.10	2.50	2.50		544.67	
28	17.50	41.10	2.60	2.70		584.87	
29	17.50	41.00	2.50	2.45		599.10	
30	17.50	41.00	2.50	2.60		572.46	

GRAFICA DE CARGA Y DE ESFUERZO:

OBSERVACIONES:

Fuente: Elaboración Propia.



Tabla N°44. Toma de datos de resistencia a la flexión estática con cera de abeja.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
TESIS:		ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALYPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.					
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07			RESISTENCIA A LA FLEXIÓN ESTÁTICA				
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elwer			ESPECIE: Eucalyptus glóbulus con Cera de Abeja				
MATERIAL: Madera			FECHA: 31/05/2023				
N° Muestra	Luz (cm)	Longitud (cm)	Altura (cm)	Espesor (cm)	Área (cm ²)	Carga max P (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)
1	17.50	41.00	2.40	2.50		509.16	
2	17.50	41.00	2.50	2.50		522.39	
3	17.50	41.00	2.50	2.50		540.02	
4	17.50	41.20	2.50	2.40		511.70	
5	17.50	41.00	2.50	2.50		518.12	
6	17.50	41.20	2.50	2.50		509.53	
7	17.50	41.00	2.30	2.40		489.87	
8	17.50	41.00	2.50	2.50		515.58	
9	17.50	41.00	2.40	2.40		495.58	
10	17.50	41.00	2.50	2.50		507.97	
11	17.50	41.00	2.40	2.40		498.03	
12	17.50	41.00	2.30	2.30		542.35	
13	17.50	41.00	2.30	2.40		478.66	
14	17.50	41.10	2.30	2.40		488.85	
15	17.50	41.00	2.30	2.40		556.15	
16	17.50	41.10	2.40	2.40		508.94	
17	17.50	41.10	2.40	2.40		604.45	
18	17.50	41.00	2.50	2.50		569.54	
19	17.50	41.10	2.50	2.40		491.75	
20	17.50	41.00	2.40	2.40		562.87	
21	17.50	41.10	2.50	2.40		502.67	
22	17.50	41.20	2.30	2.30		555.69	
23	17.50	41.10	2.30	2.30		528.47	
24	17.50	41.00	2.30	2.30		515.76	
25	17.50	41.10	2.40	2.40		489.66	
26	17.50	41.09	2.40	2.40		509.41	
27	17.50	41.00	2.30	2.40		581.72	
28	17.50	41.20	2.40	2.40		542.68	
29	17.50	41.10	2.30	2.30		478.08	
30	17.50	41.10	2.40	2.50		474.31	

GRAFICA DE CARGA Y DE ESFUERZO:

OBSERVACIONES:

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°45. Toma de datos de resistencia a la flexión estática con ACU.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
TESIS:		ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALYPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.					
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07			RESISTENCIA A LA FLEXIÓN ESTÁTICA				
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elwer			ESPECIE: Eucalyptus glóbulus con Aceite de Cocina Usado				
MATERIAL: Madera			FECHA: 31/05/2023				
N° Muestra	Luz (cm)	Longitud (cm)	Altura (cm)	Espesor (cm)	Área (cm ²)	Carga max P (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)
1	17.50	41.15	2.45	2.50		492.38	
2	17.50	41.10	2.60	2.50		488.38	
3	17.50	41.10	2.70	2.60		521.82	
4	17.50	41.10	2.65	2.50		478.80	
5	17.50	41.00	2.60	2.40		515.62	
6	17.50	41.00	2.50	2.50		508.72	
7	17.50	41.00	2.50	2.70		421.59	
8	17.50	41.00	2.40	2.45		448.84	
9	17.50	41.20	2.60	2.50		459.20	
10	17.50	41.00	2.50	2.50		447.30	
11	17.50	41.00	2.70	2.50		441.04	
12	17.50	41.00	2.45	2.60		498.69	
13	17.50	41.00	2.50	2.50		505.65	
14	17.50	41.00	2.50	2.50		491.82	
15	17.50	41.20	2.50	2.40		484.50	
16	17.50	41.00	2.50	2.50		521.46	
17	17.50	41.00	2.60	2.40		486.25	
18	17.50	41.15	2.50	2.50		476.16	
19	17.50	41.10	2.40	2.50		501.16	
20	17.50	41.10	2.50	2.40		482.43	
21	17.50	41.10	2.70	2.50		473.02	
22	17.50	41.00	2.45	2.50		454.84	
23	17.50	41.00	2.50	2.70		498.46	
24	17.50	41.00	2.50	2.45		467.86	
25	17.50	41.15	2.50	2.50		519.66	
26	17.50	41.10	2.60	2.50		455.55	
27	17.50	41.10	2.70	2.50		489.40	
28	17.50	41.10	2.65	2.60		486.88	
29	17.50	41.00	2.60	2.50		466.46	
30	17.50	41.00	2.50	2.50		485.84	

GRAFICA DE CARGA Y DE ESFUERZO:

OBSERVACIONES:

Fuente: Elaboración Propia.



3.5.3. Calculos vinculados con las pruebas de campo o laboratorio

3.5.3.1. Calculo para determinar el contenido de humedad de la madera

a) Procesamiento de la prueba

- Para el calculo de Contenido de Humedad, se uso el higrometro para todas las muestras sin tratamiento y con tratamiento.

b) Esquema y tablas

Tabla N°46. Calculos del ensayo de contenido de humedad de la madera en estado natural.

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 					
TESIS:		ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALIPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.			
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 01			CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MADERA		
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elwer			ESPECIE: Eucalyptus glóbulus con Parafina		
MATERIAL: Madera			FECHA: 22/05/2023		
N° Muestra	Altura	Espesor	Largo	Volumen	Contenido de humedad
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ³)	(%)
1	3.05	3.00	10.10	92.42	14.50%
2	3.00	2.90	10.10	87.87	14.10%
3	3.00	2.95	10.10	89.39	15.90%
4	3.00	2.95	10.00	88.50	13.80%
5	3.00	3.00	10.15	91.35	13.70%
6	2.98	3.00	10.00	89.40	16.10%
7	2.95	3.00	10.00	88.50	14.50%
8	2.95	3.00	10.10	89.39	14.50%
9	3.05	3.05	10.05	93.49	16.10%
10	3.00	3.00	10.05	90.45	17.80%
11	3.00	3.00	10.05	90.45	17.20%
12	3.00	3.00	10.00	90.00	15.20%
13	2.90	3.00	10.00	87.00	15.40%
14	3.00	2.95	10.00	88.50	14.20%
15	3.05	3.00	10.00	91.50	15.10%
16	3.01	3.00	10.00	90.30	17.10%
17	3.00	3.00	10.10	90.90	16.80%
18	3.00	3.00	9.95	89.55	19.80%
19	3.00	3.00	10.10	90.90	16.10%
20	3.00	3.00	10.10	90.90	16.50%
21	3.00	3.00	10.00	90.00	17.10%
22	2.95	3.00	10.00	88.50	14.80%
23	2.95	3.00	10.05	88.94	13.60%
24	3.00	3.05	10.10	92.42	14.40%
25	3.00	3.05	10.00	91.50	19.40%
26	2.98	3.05	10.00	90.89	17.70%
27	2.98	3.05	10.00	90.89	17.40%
28	3.00	3.10	10.00	93.00	16.10%
29	3.00	3.10	10.00	93.00	15.70%
30	2.98	3.00	10.00	89.40	17.60%

Fuente: Elaboracion Propia.



Tabla N°47. Calculos del ensayo de contenido de humedad de la madera con parafina.

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 					
TESIS:	ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALYPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.				
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 01			CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MADERA		
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elwer				ESPECIE: Eucalyptus glóbulus con Parafina	
MATERIAL: Madera				FECHA: 22/05/2023	
N° Muestra	Altura	Espesor	Largo	Volumen	Contenido de humedad
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ³)	(%)
1	3.00	3.02	10.50	95.13	13.20 %
2	2.98	3.00	9.95	88.95	12.20 %
3	2.95	3.00	10.00	88.50	13.00 %
4	2.95	3.00	10.00	88.50	10.60 %
5	2.98	3.05	10.00	90.89	17.00 %
6	2.98	3.05	10.00	90.89	17.20 %
7	3.00	3.10	10.00	93.00	14.80 %
8	3.00	3.10	10.00	93.00	17.20 %
9	3.00	3.05	10.00	91.50	12.70 %
10	3.00	3.05	10.00	91.50	13.50 %
11	3.00	3.00	10.00	90.00	15.30 %
12	3.00	3.00	10.00	90.00	14.80 %
13	3.00	3.00	10.00	90.00	10.70 %
14	3.00	3.00	10.00	90.00	17.10 %
15	3.00	3.00	10.00	90.00	16.00 %
16	3.00	2.95	10.00	88.50	15.60 %
17	3.05	3.00	10.00	91.50	14.70 %
18	2.90	3.00	10.05	87.44	15.20 %
19	3.00	3.00	10.05	90.45	11.30 %
20	3.00	3.00	10.05	90.45	13.20 %
21	3.00	3.00	10.05	90.45	11.40 %
22	2.95	3.00	10.10	89.39	10.70 %
23	2.95	3.00	10.10	89.39	13.30 %
24	2.98	3.00	10.10	90.29	15.40 %
25	3.00	3.00	10.10	90.90	16.10 %
26	3.00	2.95	10.10	89.39	17.20 %
27	3.00	2.95	10.10	89.39	16.10 %
28	3.00	2.90	10.10	87.87	13.00 %
29	3.05	3.05	10.10	93.96	15.30 %
30	3.05	3.00	10.15	92.87	17.60 %

Fuente: Elaboracion Propia.



Tabla N°48. Calculos del ensayo de contenido de humedad de la madera con cera de abeja.

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 					
TESIS:		ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALYPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.			
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 01			CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MADERA		
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elwer				ESPECIE: Eucalyptus glóbulos con Cera de Abeja	
MATERIAL: Madera				FECHA: 22/05/2023	
N° Muestra	Altura	Espesor	Largo	Volumen	Contenido de humedad
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ³)	(%)
1	3.01	3.00	10.00	90.30	13.20 %
2	3.00	3.00	10.00	90.00	12.20 %
3	3.00	3.05	10.00	91.50	13.00 %
4	2.98	3.00	9.95	88.95	10.70 %
5	3.00	3.00	10.00	90.00	15.70 %
6	2.98	3.00	10.10	90.29	14.30 %
7	3.05	3.00	10.00	91.50	14.80 %
8	3.00	3.00	10.00	90.00	15.30 %
9	3.05	3.05	10.10	93.96	13.70 %
10	3.00	2.95	10.00	88.50	12.70 %
11	2.95	3.00	10.00	88.50	15.30 %
12	3.00	3.10	10.00	93.00	14.80 %
13	3.00	3.00	10.05	90.45	10.80 %
14	3.00	3.00	10.10	90.90	16.60 %
15	2.95	3.00	10.10	89.39	16.00 %
16	3.00	3.05	10.00	91.50	15.60 %
17	2.98	3.05	10.00	90.89	14.70 %
18	3.05	3.00	10.15	92.87	15.20 %
19	3.00	3.00	10.00	90.00	11.30 %
20	3.00	3.00	10.05	90.45	13.20 %
21	2.98	3.05	10.00	90.89	11.40 %
22	3.00	2.95	10.10	89.39	10.70 %
23	2.95	3.00	10.00	88.50	13.30 %
24	3.00	3.10	10.00	93.00	15.40 %
25	2.95	3.00	10.10	89.39	16.10 %
26	3.00	3.00	10.05	90.45	14.60 %
27	2.90	3.00	10.05	87.44	16.10 %
28	3.00	2.90	10.10	87.87	13.00 %
29	3.00	3.00	10.00	90.00	15.30 %
30	3.00	2.95	10.10	89.39	14.20 %

Fuente: Elaboracion Propia.



Tabla N°49. Calculos del ensayo de contenido de humedad de la madera con ACU.

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 					
TESIS:	ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALIPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.				
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 01			CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MADERA		
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elwer			ESPECIE: Eucalyptus glóbulus con Aceite de Cocina Usado		
MATERIAL: Madera			FECHA: 22/05/2023		
N° Muestra	Altura	Espesor	Largo	Volumen	Contenido de humedad
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ³)	(%)
1	3.01	3.00	10.00	90.30	16.20 %
2	2.98	3.00	10.10	90.29	12.10 %
3	3.00	3.00	10.00	90.00	13.80 %
4	3.00	2.95	10.00	88.50	15.70 %
5	3.00	3.10	10.00	93.00	15.20 %
6	3.00	3.10	10.00	93.00	17.20 %
7	2.98	3.05	10.00	90.89	15.50 %
8	3.00	3.00	10.10	90.90	12.80 %
9	3.00	3.05	10.00	91.50	15.10 %
10	3.00	3.00	10.00	90.00	13.90 %
11	3.05	3.05	10.10	93.96	12.10 %
12	3.05	3.00	10.15	92.87	12.70 %
13	3.05	3.00	10.00	91.50	12.20 %
14	3.00	3.00	10.00	90.00	12.90 %
15	3.00	3.00	10.00	90.00	17.20 %
16	3.00	2.95	10.10	89.39	12.10 %
17	2.98	3.00	9.95	88.95	13.60 %
18	3.00	3.00	10.05	90.45	14.30 %
19	3.00	2.95	10.10	89.39	14.30 %
20	3.00	2.90	10.10	87.87	12.80 %
21	2.95	3.00	10.10	89.39	14.70 %
22	3.00	3.00	10.05	90.45	12.10 %
23	3.00	3.05	10.00	91.50	14.90 %
24	2.90	3.00	10.05	87.44	17.70 %
25	2.95	3.00	10.00	88.50	14.70 %
26	2.95	3.00	10.10	89.39	14.60 %
27	2.98	3.05	10.00	90.89	12.40 %
28	3.00	3.00	10.00	90.00	16.20 %
29	3.00	3.00	10.05	90.45	13.10 %
30	2.95	3.00	10.00	88.50	15.20 %

Fuente: Elaboracion Propia.



3.5.3.2. Calculo para determinar la densidad basica de la madera

a) Procesamiento de prueba

- Para determinar la densidad de las muestras, se registraron varias mediciones de sus dimensiones. Posteriormente, se calculo el volumen de cada muestra y utilizando las mediciones del peso humedo y del peso seco, se determino la densidad de las muestras de madera, se calculo con la siguiente encuacion.

Formula para el calculo de la densidad basica de la madera

$$Densidad\ Basica = \left(\frac{Peso\ humedo - Peso\ seco}{Volumen} \right)$$

b) Esquema y tablas

Tabla N°50. Cálculos del ensayo de densidad básica de la madera en estado natural.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
TESIS:		ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALYPTUS GLÓBULUS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.					
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 02				DENSIDAD BASICA DE LA MADERA			
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elwer				ESPECIE: Eucalyptus glóbulus en Estado Natural			
MATERIAL: Madera				FECHA: 25/05/2023			
N° Muestra	Altura (cm)	Espesor (cm)	Largo (cm)	Volumen (cm ³)	Peso Humedo (gr)	Peso Seca (gr)	Densidad Basica (gr/cm ³)
1	3.05	3.00	10.10	92.42	93.00	88.00	0.054
2	3.00	2.90	10.10	87.87	85.00	80.00	0.057
3	3.00	2.95	10.10	89.39	88.00	84.00	0.045
4	3.00	2.95	10.00	88.50	87.00	83.00	0.045
5	3.00	3.00	10.15	91.35	90.00	86.00	0.044
6	2.98	3.00	10.00	89.40	87.00	82.00	0.056
7	2.95	3.00	10.00	88.50	88.00	84.00	0.045
8	2.95	3.00	10.10	89.39	84.00	80.00	0.045
9	3.05	3.05	10.05	93.49	87.00	80.00	0.075
10	3.00	3.00	10.05	90.45	89.00	85.00	0.044
11	3.00	3.00	10.05	90.45	88.00	83.00	0.055
12	3.00	3.00	10.00	90.00	90.00	85.00	0.056
13	2.90	3.00	10.00	87.00	87.00	83.00	0.046
14	3.00	2.95	10.00	88.50	85.00	80.00	0.056
15	3.05	3.00	10.00	91.50	86.00	82.00	0.044
16	3.01	3.00	10.00	90.30	87.00	82.00	0.055
17	3.00	3.00	10.10	90.90	78.00	73.00	0.055
18	3.00	3.00	9.95	89.55	87.00	83.00	0.045
19	3.00	3.00	10.10	90.90	84.00	82.00	0.022
20	3.00	3.00	10.10	90.90	86.00	83.00	0.033
21	3.00	3.00	10.00	90.00	87.00	84.00	0.033
22	2.95	3.00	10.00	88.50	88.00	84.00	0.045
23	2.95	3.00	10.05	88.94	86.00	83.00	0.034
24	3.00	3.05	10.10	92.42	89.00	85.00	0.043
25	3.00	3.05	10.00	91.50	80.00	77.00	0.033
26	2.98	3.05	10.00	90.89	87.00	83.00	0.044
27	2.98	3.05	10.00	90.89	88.00	84.00	0.044
28	3.00	3.10	10.00	93.00	89.00	85.00	0.043
29	3.00	3.10	10.00	93.00	88.00	84.00	0.043
30	2.98	3.00	10.00	89.40	83.00	79.00	0.045

Fuente: Elaboración Propia.



Tabla N°51. Cálculos del ensayo de densidad básica de la madera con parafina.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
TESIS:		ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALYPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.					
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 02				DENSIDAD BASICA DE LA MADERA			
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elwer				ESPECIE: Eucalyptus glóbulus con Parafina			
MATERIAL: Madera				FECHA: 25/05/2023			
N° Muestra	Altura (cm)	Esesor (cm)	Largo (cm)	Volumen (cm3)	Peso 1 (gr)	Peso 2 (gr)	Densidad Basica (gr/cm3)
1	3.00	3.02	10.50	95.13	117.00	108.00	0.095
2	2.98	3.00	9.95	88.95	118.00	108.00	0.112
3	2.95	3.00	10.00	88.50	119.00	107.00	0.136
4	2.95	3.00	10.00	88.50	119.00	107.00	0.136
5	2.98	3.05	10.00	90.89	121.00	109.00	0.132
6	2.98	3.05	10.00	90.89	122.00	110.00	0.132
7	3.00	3.10	10.00	93.00	121.00	112.00	0.097
8	3.00	3.10	10.00	93.00	122.00	110.00	0.129
9	3.00	3.05	10.00	91.50	118.00	108.00	0.109
10	3.00	3.05	10.00	91.50	120.00	108.00	0.131
11	3.00	3.00	10.00	90.00	118.00	109.00	0.100
12	3.00	3.00	10.00	90.00	122.00	111.00	0.122
13	3.00	3.00	10.00	90.00	122.00	111.00	0.122
14	3.00	3.00	10.00	90.00	119.00	109.00	0.111
15	3.00	3.00	10.00	90.00	120.00	109.00	0.122
16	3.00	2.95	10.00	88.50	119.00	108.00	0.124
17	3.05	3.00	10.00	91.50	119.00	108.00	0.120
18	2.90	3.00	10.05	87.44	121.00	109.00	0.137
19	3.00	3.00	10.05	90.45	120.00	109.00	0.122
20	3.00	3.00	10.05	90.45	120.00	110.00	0.111
21	3.00	3.00	10.05	90.45	122.00	110.00	0.133
22	2.95	3.00	10.10	89.39	120.00	108.00	0.134
23	2.95	3.00	10.10	89.39	121.00	109.00	0.134
24	2.98	3.00	10.10	90.29	119.00	110.00	0.100
25	3.00	3.00	10.10	90.90	122.00	112.00	0.110
26	3.00	2.95	10.10	89.39	119.00	110.00	0.101
27	3.00	2.95	10.10	89.39	122.00	112.00	0.112
28	3.00	2.90	10.10	87.87	118.00	109.00	0.102
29	3.05	3.05	10.10	93.96	121.00	112.00	0.096
30	3.05	3.00	10.15	92.87	120.00	110.00	0.108

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°52. Cálculos del ensayo de densidad básica de la madera con cera de abeja.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
TESIS:		ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALYPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.					
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 02				DENSIDAD BASICA DE LA MADERA			
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elwer				ESPECIE: Eucalyptus glóbulus con Cera de Abeja			
MATERIAL: Madera				FECHA: 25/05/2023			
N° Muestra	Altura (cm)	Esesor (cm)	Largo (cm)	Volumen (cm3)	Peso 1 (gr)	Peso 2 (gr)	Densidad Basica (gr/cm3)
1	3.01	3.00	10.00	90.30	121.00	112.00	0.100
2	3.00	3.00	10.00	90.00	119.00	107.00	0.133
3	3.00	3.05	10.00	91.50	118.00	109.00	0.098
4	2.98	3.00	9.95	88.95	120.00	109.00	0.124
5	3.00	3.00	10.00	90.00	121.00	112.00	0.100
6	2.98	3.00	10.10	90.29	120.00	108.00	0.133
7	3.05	3.00	10.00	91.50	122.00	111.00	0.120
8	3.00	3.00	10.00	90.00	122.00	112.00	0.111
9	3.05	3.05	10.10	93.96	121.00	109.00	0.128
10	3.00	2.95	10.00	88.50	122.00	111.00	0.124
11	2.95	3.00	10.00	88.50	118.00	108.00	0.113
12	3.00	3.10	10.00	93.00	118.00	109.00	0.097
13	3.00	3.00	10.05	90.45	120.00	110.00	0.111
14	3.00	3.00	10.10	90.90	119.00	108.00	0.121
15	2.95	3.00	10.10	89.39	119.00	110.00	0.101
16	3.00	3.05	10.00	91.50	119.00	107.00	0.131
17	2.98	3.05	10.00	90.89	122.00	110.00	0.132
18	3.05	3.00	10.15	92.87	119.00	108.00	0.118
19	3.00	3.00	10.00	90.00	121.00	112.00	0.100
20	3.00	3.00	10.05	90.45	122.00	112.00	0.111
21	2.98	3.05	10.00	90.89	122.00	110.00	0.132
22	3.00	2.95	10.10	89.39	120.00	110.00	0.112
23	2.95	3.00	10.00	88.50	121.00	109.00	0.136
24	3.00	3.10	10.00	93.00	119.00	109.00	0.108
25	2.95	3.00	10.10	89.39	119.00	110.00	0.101
26	3.00	3.00	10.05	90.45	120.00	109.00	0.122
27	2.90	3.00	10.05	87.44	120.00	108.00	0.137
28	3.00	2.90	10.10	87.87	122.00	110.00	0.137
29	3.00	3.00	10.00	90.00	121.00	109.00	0.133
30	3.00	2.95	10.10	89.39	118.00	108.00	0.112

Fuente: Elaboración Propia.



Tabla N°53. Cálculos del ensayo de densidad básica de la madera con ACU.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
TESIS: ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALYPTUS GLÓBULUS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.							
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 02				DENSIDAD BASICA DE LA MADERA			
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elber				ESPECIE: Eucalyptus glóbulus con Aceite de Cocina Usado			
MATERIAL: Madera				FECHA: 25/05/2023			
N° Muestra	Altura (cm)	Espesor (cm)	Largo (cm)	Volumen (cm ³)	Peso 1 (gr)	Peso 2 (gr)	Densidad Basica (gr/cm ³)
1	3.01	3.00	10.00	90.30	110.00	98.00	0.133
2	2.98	3.00	10.10	90.29	107.00	94.00	0.144
3	3.00	3.00	10.00	90.00	108.00	96.00	0.133
4	3.00	2.95	10.00	88.50	108.00	96.00	0.136
5	3.00	3.10	10.00	93.00	107.00	95.00	0.129
6	3.00	3.10	10.00	93.00	109.00	98.00	0.118
7	2.98	3.05	10.00	90.89	107.00	97.00	0.110
8	3.00	3.00	10.10	90.90	107.00	95.00	0.132
9	3.00	3.05	10.00	91.50	110.00	98.00	0.131
10	3.00	3.00	10.00	90.00	109.00	98.00	0.122
11	3.05	3.05	10.10	93.96	110.00	97.00	0.138
12	3.05	3.00	10.15	92.87	107.00	98.00	0.097
13	3.05	3.00	10.00	91.50	108.00	97.00	0.120
14	3.00	3.00	10.00	90.00	107.00	95.00	0.133
15	3.00	3.00	10.00	90.00	110.00	97.00	0.144
16	3.00	2.95	10.10	89.39	108.00	95.00	0.145
17	2.98	3.00	9.95	88.95	110.00	97.00	0.146
18	3.00	3.00	10.05	90.45	108.00	95.00	0.144
19	3.00	2.95	10.10	89.39	107.00	96.00	0.123
20	3.00	2.90	10.10	87.87	108.00	96.00	0.137
21	2.95	3.00	10.10	89.39	107.00	95.00	0.134
22	3.00	3.00	10.05	90.45	107.00	98.00	0.100
23	3.00	3.05	10.00	91.50	107.00	94.00	0.142
24	2.90	3.00	10.05	87.44	109.00	96.00	0.149
25	2.95	3.00	10.00	88.50	107.00	98.00	0.102
26	2.95	3.00	10.10	89.39	108.00	98.00	0.112
27	2.98	3.05	10.00	90.89	110.00	97.00	0.143
28	3.00	3.00	10.00	90.00	107.00	95.00	0.133
29	3.00	3.00	10.05	90.45	107.00	96.00	0.122
30	2.95	3.00	10.00	88.50	109.00	98.00	0.124

Fuente: Elaboración Propia.

3.5.3.3. Calculo para determinar la dureza por método de Brinell de la madera

a) Procesamiento de prueba

- Para la determinación de la dureza mediante el método Brinell se utilizó la siguiente ecuación.

Fórmula para el cálculo de la dureza por método de Brinell

$$\text{Dureza de Brinell (HB)} = \frac{2 * P}{\pi * D * (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

P = Fuerza aplicada

D = Diametro de la billa

d = Diametro de la huella



b) Esquema y tablas

Tabla N°54. Cálculos del ensayo de dureza por el método Brinell en estado natural.

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 				
TESIS:		ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALIPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.		
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 03		DUREZA POR EL MÉTODO BRINELL		
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elwer			ESPECIE: Eucalyptus glóbulus en Estado Natural	
MATERIAL: Madera			FECHA: 01/05/2023	
N° Muestra	Diametro de huella	Diametro de Billa	Fuerza Aplicada	Dureza de Brinell
	d (mm)	D (mm)	P (kg)	(kg/mm ²)
1	5.40	10.00	100.00	4.02
2	5.10	10.00	100.00	4.55
3	5.70	10.00	100.00	3.57
4	5.20	10.00	100.00	4.37
5	5.10	10.00	100.00	4.55
6	5.00	10.00	100.00	4.75
7	5.30	10.00	100.00	4.19
8	5.40	10.00	100.00	4.02
9	5.20	10.00	100.00	4.37
10	5.60	10.00	100.00	3.71
11	5.30	10.00	100.00	4.19
12	5.60	10.00	100.00	3.71
13	5.30	10.00	100.00	4.19
14	5.20	10.00	100.00	4.37
15	5.60	10.00	100.00	3.71
16	5.40	10.00	100.00	4.02
17	5.20	10.00	100.00	4.37
18	5.30	10.00	100.00	4.19
19	5.60	10.00	100.00	3.71
20	5.60	10.00	100.00	3.71
21	5.50	10.00	100.00	3.86
22	5.50	10.00	100.00	3.86
23	5.60	10.00	100.00	3.71
24	5.50	10.00	100.00	3.86
25	5.60	10.00	100.00	3.71
26	5.50	10.00	100.00	3.86
27	5.60	10.00	100.00	3.71
28	5.20	10.00	100.00	4.37
29	5.30	10.00	100.00	4.19
30	5.50	10.00	100.00	3.86

Fuente: Elaboración Propia.



Tabla N°55. Cálculos del ensayo de dureza por el método Brinell con parafina.

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 				
TESIS:		ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALIPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.		
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 03		DUREZA POR EL MÉTODO BRINELL		
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elwer			ESPECIE: Eucalyptus glóbulus con Parafina	
MATERIAL: Madera			FECHA: 01/05/2023	
N° Muestra	Diametro de huella	Diametro de Billa	Fuerza Aplicada	Dureza de Brinell
	d (mm)	D (mm)	P (kg)	(kg/mm ²)
1	3.60	10.00	100.00	9.50
2	3.50	10.00	100.00	10.07
3	3.50	10.00	100.00	10.07
4	3.70	10.00	100.00	8.97
5	3.60	10.00	100.00	9.50
6	3.50	10.00	100.00	10.07
7	3.60	10.00	100.00	9.50
8	3.70	10.00	100.00	8.97
9	3.50	10.00	100.00	10.07
10	3.70	10.00	100.00	8.97
11	3.50	10.00	100.00	10.07
12	3.70	10.00	100.00	8.97
13	3.50	10.00	100.00	10.07
14	3.60	10.00	100.00	9.50
15	3.60	10.00	100.00	9.50
16	3.70	10.00	100.00	8.97
17	3.50	10.00	100.00	10.07
18	3.40	10.00	100.00	10.69
19	3.50	10.00	100.00	10.07
20	3.50	10.00	100.00	10.07
21	3.70	10.00	100.00	8.97
22	3.60	10.00	100.00	9.50
23	3.50	10.00	100.00	10.07
24	3.60	10.00	100.00	9.50
25	3.50	10.00	100.00	10.07
26	3.60	10.00	100.00	9.50
27	3.60	10.00	100.00	9.50
28	3.50	10.00	100.00	10.07
29	3.70	10.00	100.00	8.97
30	3.50	10.00	100.00	10.07

Fuente: Elaboración Propia.



Tabla N°56. Cálculos del ensayo de dureza por el método Brinell con cera de abeja.

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 				
TESIS:		ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALIPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.		
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 03		DUREZA POR EL MÉTODO BRINELL		
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elwer			ESPECIE: Eucalyptus glóbulus con Cera de Abeja	
MATERIAL: Madera			FECHA: 01/05/2023	
N° Muestra	Diametro de huella	Diametro de Billa	Fuerza Aplicada	Dureza de Brinell
	d (mm)	D (mm)	P (kg)	(kg/mm ²)
1	3.80	10.00	100.00	8.49
2	3.70	10.00	100.00	8.97
3	3.70	10.00	100.00	8.97
4	3.90	10.00	100.00	8.04
5	3.80	10.00	100.00	8.49
6	3.70	10.00	100.00	8.97
7	3.80	10.00	100.00	8.49
8	3.90	10.00	100.00	8.04
9	3.70	10.00	100.00	8.97
10	3.90	10.00	100.00	8.04
11	3.70	10.00	100.00	8.97
12	3.90	10.00	100.00	8.04
13	3.70	10.00	100.00	8.97
14	3.80	10.00	100.00	8.49
15	3.80	10.00	100.00	8.49
16	3.90	10.00	100.00	8.04
17	3.70	10.00	100.00	8.97
18	3.60	10.00	100.00	9.50
19	3.70	10.00	100.00	8.97
20	3.70	10.00	100.00	8.97
21	3.90	10.00	100.00	8.04
22	3.80	10.00	100.00	8.49
23	3.70	10.00	100.00	8.97
24	3.80	10.00	100.00	8.49
25	3.70	10.00	100.00	8.97
26	3.80	10.00	100.00	8.49
27	3.80	10.00	100.00	8.49
28	3.70	10.00	100.00	8.97
29	3.90	10.00	100.00	8.04
30	3.70	10.00	100.00	8.97

Fuente: Elaboración Propia.



Tabla N°57. Cálculos del ensayo de dureza por el método Brinell con ACU.

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL 				
TESIS:		ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALIPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.		
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 03		DUREZA POR EL MÉTODO BRINELL		
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elwer			ESPECIE: Eucalyptus glóbulus con Aceite de Cocina Usado	
MATERIAL: Madera			FECHA: 01/05/2023	
N° Muestra	Diametro de huella	Diametro de Billa	Fuerza Aplicada	Dureza de Brinell
	d (mm)	D (mm)	P (kg)	(kg/mm ²)
1	5.50	10.00	100.00	3.86
2	5.50	10.00	100.00	3.86
3	5.20	10.00	100.00	4.37
4	5.40	10.00	100.00	4.02
5	5.50	10.00	100.00	3.86
6	5.50	10.00	100.00	3.86
7	5.00	10.00	100.00	4.75
8	5.50	10.00	100.00	3.86
9	5.10	10.00	100.00	4.55
10	5.30	10.00	100.00	4.19
11	5.50	10.00	100.00	3.86
12	5.20	10.00	100.00	4.37
13	5.40	10.00	100.00	4.02
14	5.10	10.00	100.00	4.55
15	5.20	10.00	100.00	4.37
16	5.40	10.00	100.00	4.02
17	5.50	10.00	100.00	3.86
18	5.10	10.00	100.00	4.55
19	5.50	10.00	100.00	3.86
20	5.40	10.00	100.00	4.02
21	5.30	10.00	100.00	4.19
22	5.20	10.00	100.00	4.37
23	5.10	10.00	100.00	4.55
24	5.30	10.00	100.00	4.19
25	5.60	10.00	100.00	3.71
26	5.00	10.00	100.00	4.75
27	4.90	10.00	100.00	4.96
28	5.10	10.00	100.00	4.55
29	5.20	10.00	100.00	4.37
30	5.40	10.00	100.00	4.02

Fuente: Elaboración Propia.



3.5.3.4. Cálculo para determinar la resistencia a la compresión paralela al grano de la madera

a) Procedimiento de prueba

- Para determinar la rotura de las muestras sometidas a compresión paralela al grano es necesario calcular el área y el esfuerzo de la carga última de rotura, hay un total de 120 muestras de madera para este ensayo, que se dividen en dos grupos: las que están en su estado natural y las que están tratadas con los respectivos aditivos, para el cálculo se usó la siguiente fórmula de esfuerzo de rotura.

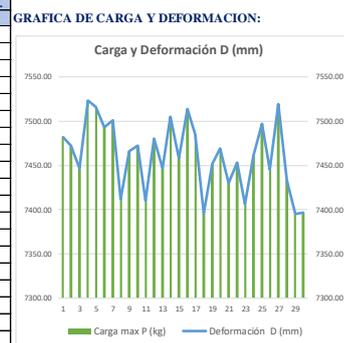
Fórmula para cálculo de resistencia a la compresión paralela al grano

$$\text{Esfuerzo de Rotura} = \frac{P_{\max}}{\text{Area}} \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

b) Esquemas y tablas

Tabla N°58. Cálculos del ensayo de resistencia a la compresión paralelo al grano en estado natural.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
TESIS:		ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALYPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.					
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARALELO AL GRANO					
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elwer		ESPECIE: Eucalyptus glóbulus en Estado Natural					
MATERIAL: Madera		FECHA: 29/05/2023					
N° Muestra	Altura (cm)	Espesor (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga max P (kg)	Deformación D (mm)	Esfuerzo C. (kg/cm ²)
1	4.90	4.80	20.00	23.52	7482.00	1.2108	318.11
2	4.75	4.70	20.10	22.33	7472.00	1.2192	334.69
3	4.70	4.80	20.00	22.56	7447.00	0.8255	330.10
4	4.75	4.90	20.15	23.28	7523.00	0.9550	323.22
5	4.80	4.90	19.90	23.52	7516.00	0.6477	319.56
6	5.00	4.80	20.00	24.00	7493.00	0.8331	312.21
7	4.60	5.00	19.80	23.00	7501.00	0.8778	326.13
8	4.80	4.90	20.10	23.52	7412.00	1.1049	315.14
9	5.00	5.00	20.00	25.00	7466.00	0.8687	298.64
10	4.90	4.90	20.00	24.01	7472.00	0.6706	311.20
11	5.00	4.85	20.00	24.25	7410.00	0.6858	305.57
12	4.75	4.85	19.80	23.04	7480.00	0.8890	324.69
13	5.00	4.80	20.00	24.00	7447.00	0.7112	310.29
14	4.85	4.80	19.90	23.28	7505.00	1.5664	322.38
15	4.78	4.80	20.00	22.94	7458.00	0.6121	325.05
16	4.75	4.80	20.00	22.80	7514.00	1.2780	329.56
17	5.00	4.80	20.20	24.00	7485.00	0.6553	311.88
18	4.80	4.80	19.80	23.04	7396.00	0.7061	321.01
19	4.80	4.75	19.85	22.80	7452.00	0.7874	326.84
20	4.75	5.00	20.15	23.75	7469.00	1.5842	314.48
21	5.00	4.80	20.00	24.00	7430.00	1.1842	309.58
22	4.80	4.70	20.00	22.56	7453.00	0.7417	330.36
23	4.70	4.80	20.00	22.56	7406.00	1.5385	328.28
24	4.80	4.90	20.00	23.52	7461.00	0.8788	317.22
25	5.00	4.90	20.00	24.50	7497.00	0.7087	306.00
26	4.90	4.80	20.00	23.52	7445.00	0.9185	316.54
27	4.80	5.00	20.00	24.00	7519.00	0.9144	313.29
28	4.95	4.90	20.00	24.26	7433.00	0.8914	306.45
29	4.90	5.00	20.00	24.50	7395.00	0.8128	301.84
30	5.00	5.00	20.00	25.00	7397.00	1.1698	295.88



OBSERVACIONES:

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°59. Cálculos del ensayo de resistencia a la compresión paralelo al grano con parafina.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL								
TESIS:		ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALYPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.						
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04			RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARALELO AL GRANO					
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elwer				ESPECIE: Eucalyptus glóbulos con Parafina				
MATERIAL: Madera				FECHA: 29/05/2023				
N° Muestra	Altura (cm)	Espesor (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga max P (kg)	Deformación D (mm)	Esfuerzo C. (kg/cm ²)	GRAFICA DE CARGA Y DEFORMACION:
1	5.10	5.00	20.00	25.50	8385.00	0.6950	328.82	
2	4.90	5.00	20.10	24.50	7839.00	0.6103	319.96	
3	5.15	5.10	20.00	26.27	8477.00	0.3725	322.75	
4	5.00	5.00	20.05	25.00	8166.00	0.4781	326.64	
5	5.10	4.80	20.00	24.48	8646.00	0.4328	353.19	
6	5.10	4.95	20.10	25.25	7964.00	0.5349	315.47	
7	5.00	5.00	20.10	25.00	8524.00	0.9572	340.96	
8	5.10	5.00	20.00	25.50	8369.00	0.8298	328.20	
9	5.00	4.90	20.00	24.50	8129.00	0.4808	331.80	
10	4.80	5.00	20.00	24.00	8220.00	0.5751	342.50	
11	5.00	4.95	20.10	24.75	7926.00	0.3821	320.24	
12	5.00	4.90	20.00	24.50	7893.00	1.3886	322.16	
13	5.00	5.00	20.10	25.00	8018.00	0.3775	320.72	
14	5.10	4.90	20.00	24.99	7840.00	1.6738	313.73	
15	5.00	5.00	20.00	25.00	8263.00	0.8404	330.52	
16	5.00	4.90	20.00	24.50	8481.00	0.4682	346.16	
17	5.00	5.15	20.10	25.75	8558.00	0.5513	332.35	
18	5.10	5.00	20.00	25.50	8335.00	0.9980	326.86	
19	5.00	5.10	20.10	25.50	8656.00	0.3775	339.45	
20	5.00	5.10	20.10	25.50	8056.00	1.6738	315.92	
21	5.00	5.00	20.10	25.00	7830.00	0.8404	313.20	
22	4.90	5.10	20.00	24.99	7862.00	0.4682	314.61	
23	5.00	5.00	20.00	25.00	8213.00	0.5513	328.52	
24	4.90	4.80	20.05	23.52	7876.00	0.9572	334.86	
25	5.15	5.00	20.00	25.75	8201.00	0.8298	318.49	
26	4.95	5.00	20.10	24.75	8629.00	0.4808	348.65	
27	4.90	5.00	20.00	24.50	8178.00	0.5751	333.80	
28	5.00	5.10	20.05	25.50	7915.00	0.3821	310.39	
29	4.90	5.00	20.00	24.50	8508.00	0.4328	347.27	
30	5.00	5.00	20.00	25.00	7948.00	0.5349	317.92	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°60. Cálculos del ensayo de resistencia a la compresión paralelo al grano con cera de abeja.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL								
TESIS:		ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALYPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.						
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04			RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARALELO AL GRANO					
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elwer				ESPECIE: Eucalyptus glóbulos con Cera de Abeja				
MATERIAL: Madera				FECHA: 29/05/2023				
N° Muestra	Altura (cm)	Espesor (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga max P (kg)	Deformación D (mm)	Esfuerzo C. (kg/cm ²)	GRAFICA DE CARGA Y DEFORMACION:
1	4.80	4.80	20.00	23.04	7731.00	1.2245	335.55	
2	4.90	4.90	20.00	24.01	7812.00	0.5674	325.36	
3	5.00	5.00	19.90	25.00	7789.00	0.9244	311.56	
4	5.00	4.80	20.00	24.00	7443.00	0.7232	310.13	
5	5.00	4.80	20.00	24.00	7614.00	1.4370	317.25	
6	4.90	4.80	19.90	23.52	7926.00	1.0459	336.99	
7	5.00	4.90	20.00	24.50	7896.00	0.9572	322.29	
8	4.90	5.00	20.10	24.50	7716.00	0.8298	314.94	
9	5.00	4.80	20.15	24.00	7808.00	0.4808	325.33	
10	4.90	4.90	20.00	24.01	7879.00	0.5751	328.15	
11	4.80	4.90	20.00	23.52	7906.00	0.3821	336.14	
12	4.80	4.90	19.80	23.52	7985.00	1.3886	339.50	
13	4.90	4.80	19.95	23.52	7790.00	0.3434	331.21	
14	4.90	4.90	20.00	24.01	7827.00	1.3633	325.99	
15	4.80	4.80	19.90	23.04	7451.00	0.7983	323.39	
16	4.80	4.80	19.90	23.04	7758.00	0.8052	336.72	
17	4.90	5.00	20.00	24.50	7998.00	1.1584	326.45	
18	4.90	5.00	20.00	24.50	7887.00	0.9980	321.92	
19	4.90	4.60	19.90	22.54	7874.00	0.3775	349.33	
20	4.90	4.90	19.90	24.01	7973.00	1.6738	332.07	
21	4.80	4.90	20.10	23.52	7635.00	0.8404	324.62	
22	4.90	4.80	20.10	23.52	7668.00	0.4682	326.02	
23	5.00	4.90	20.00	24.50	7675.00	0.5513	313.27	
24	4.90	4.80	20.10	23.52	7619.00	0.7985	323.94	
25	4.80	4.90	19.80	23.52	7985.00	0.6950	339.50	
26	5.00	4.90	20.00	24.50	7579.00	0.6103	309.35	
27	4.80	4.90	20.00	23.52	7470.00	0.3725	317.60	
28	4.90	4.90	20.00	24.01	7428.00	0.4781	309.37	
29	4.80	5.00	19.90	24.00	7806.00	0.4328	325.25	
30	4.80	4.80	20.00	23.04	7513.00	0.5349	326.09	

Fuente: Elaboración Propia.



Tabla N°61. Cálculos del ensayo de resistencia a la compresión paralelo al grano con ACU.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA									
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL									
TESIS:		ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALIPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.							
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 04				RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARALELO AL GRANO					
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elwer				ESPECIE: Eucalyptus glóbulos con Aceite de Cocina Usado					
MATERIAL: Madera				FECHA: 29/05/2023					
N° Muestra	Altura (cm)	Espesor (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga max P (kg)	Deformación D (mm)	Esfuerzo C. kg/cm ²	GRAFICA DE CARGA Y DEFORMACION:	
1	4.80	5.00	20.00	24.00	7985.00	1.6242	332.71		
2	5.10	5.10	20.05	26.01	7890.00	1.4842	303.34		
3	4.95	5.15	20.00	25.49	7981.00	0.8884	313.07		
4	5.00	5.10	20.50	25.50	7876.00	1.5085	308.86		
5	4.90	5.00	20.10	24.50	7994.00	0.6251	326.29		
6	5.00	4.80	20.00	24.00	7952.00	1.1544	331.33		
7	4.90	4.90	20.00	24.01	7977.00	0.5190	332.24		
8	5.00	5.00	20.00	25.00	7962.00	0.9059	318.48		
9	5.15	5.10	20.10	26.27	7960.00	1.6308	303.06		
10	4.90	5.10	20.00	24.99	7949.00	0.5049	318.09		
11	4.90	4.80	20.05	23.52	7875.00	1.7017	334.82		
12	5.10	5.00	20.05	25.50	7973.00	0.9423	312.67		
13	4.85	5.00	20.10	24.25	7927.00	1.1200	326.89		
14	5.00	5.00	20.00	25.00	7999.00	1.3908	319.96		
15	5.00	5.10	20.00	25.50	7941.00	0.6262	311.41		
16	4.90	4.90	20.00	24.01	7892.00	0.9462	328.70		
17	5.00	5.15	20.10	25.75	7952.00	0.9621	308.82		
18	5.10	5.00	20.00	25.50	7910.00	0.7444	310.20		
19	5.00	5.10	20.10	25.50	7938.00	0.3789	311.29		
20	4.80	5.10	20.10	24.48	7886.00	1.2864	322.14		
21	4.95	5.00	20.10	24.75	7927.00	0.5152	320.28		
22	5.00	5.10	20.00	25.50	7965.00	1.5604	312.35		
23	5.00	5.00	20.00	25.00	7913.00	0.9468	316.52		
24	4.90	4.80	20.05	23.52	7925.00	1.7530	336.95		
25	5.00	5.00	20.00	25.00	7932.00	1.2286	317.28		
26	4.95	5.00	20.10	24.75	7996.00	1.3073	323.07		
27	4.90	5.00	20.00	24.50	8003.00	1.2276	326.65		
28	5.00	5.10	20.05	25.50	7933.00	1.2093	311.10		
29	4.90	5.00	20.00	24.50	7946.00	1.4388	324.33		
30	5.00	5.00	20.00	25.00	7877.00	1.2964	315.08		
OBSERVACIONES:									

Fuente: Elaboración Propia.

3.5.3.5. Cálculo para determinar la resistencia a la compresión perpendicular al grano de la madera.

a) Procedimiento de prueba

- En este experimento se midieron las dimensiones de las muestras, incluyendo el ancho y la altura. Posteriormente, la carga aplicada a la muestra se dividió por el área de la placa de carga para calcular el esfuerzo de rotura en compresión perpendicular al grano.

Cálculo de Resistencia a la Compresión Perpendicular al Grano

$$\text{Esfuerzo de Rotura} = \frac{P_{\max}}{\text{Área}} \text{ kg/cm}^2$$

$$P_{\max} = \text{Carga última de Ruptura}$$

$$\text{Área} = \text{Espesor} * \text{Largo}$$



b) Esquema y tablas

Tabla N°62. Cálculos del ensayo de resistencia a la compresión perpendicular al grano en estado natural.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
TESIS:		ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALIPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.					
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 05		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO					
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elwer		ESPECIE: Eucalyptus globulus en Estado Natural					
MATERIAL: Madera		FECHA: 29/05/2023					
N° Muestra	Altura (cm)	Espesor (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga max P (kg)	Deformación D (mm)	Esfuerzo C. (kg/cm ²)
1	4.90	5.00	15.00	75.00	7765	0.6736	103.53
2	4.85	4.85	15.00	72.75	7462	0.3782	102.57
3	4.85	4.90	15.00	73.50	7832	0.2992	106.56
4	4.80	4.80	15.00	72.00	7501	0.3868	104.18
5	5.00	4.80	15.00	72.00	7096	0.6451	98.56
6	4.80	4.80	15.00	72.00	7107	0.3582	106.76
7	4.80	4.80	15.00	72.00	7106	0.4629	98.69
8	4.85	4.80	15.05	72.24	7756	0.7636	107.36
9	4.90	4.80	15.00	72.00	7840	0.6969	108.89
10	4.85	4.80	15.00	72.00	7372	0.7154	102.39
11	4.80	4.80	15.00	72.00	7257	0.5296	100.79
12	4.90	4.90	15.05	73.75	6872	0.4539	93.19
13	4.90	4.80	15.00	72.00	7723	0.7568	107.26
14	4.80	4.80	14.90	71.52	7206	0.6412	100.76
15	4.90	4.78	15.00	71.70	7489	0.4986	104.45
16	4.85	4.75	15.00	71.25	7252	0.8101	101.78
17	4.90	4.80	15.00	72.00	7356	0.7356	102.17
18	4.75	4.80	15.00	72.00	7825	0.7671	108.68
19	4.70	4.80	15.00	72.00	7817	0.6873	108.57
20	4.75	4.75	15.10	71.73	7666	0.6698	106.88
21	4.80	4.90	15.00	73.50	7011	0.3692	95.39
22	5.00	4.80	15.00	72.00	7156	0.7192	99.39
23	4.60	4.70	15.00	70.50	7148	0.5463	101.39
24	4.80	4.80	15.00	72.00	7459	0.5728	103.60
25	5.00	4.90	15.10	73.99	7115	0.7368	96.16
26	4.80	4.90	15.15	74.24	7758	0.3021	104.51
27	5.00	4.80	15.00	72.00	7530	0.4365	104.58
28	4.80	4.95	15.05	74.50	7344	0.5350	98.58
29	5.00	4.90	15.05	73.75	7456	0.6684	101.11
30	4.85	5.00	15.15	75.75	7211	0.3853	95.19

GRAFICA DE CARGA Y DEFORMACION:

OBSERVACIONES:

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°63. Cálculos del ensayo de resistencia a la compresión perpendicular al grano con parafina.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
TESIS:		ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALIPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.					
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 05		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO					
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elwer		ESPECIE: Eucalyptus globulus con Parafina					
MATERIAL: Madera		FECHA: 29/05/2023					
N° Muestra	Altura (cm)	Espesor (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga max P (kg)	Deformación D (mm)	Esfuerzo C. (kg/cm ²)
1	5.00	5.00	15.05	75.25	8253.00	0.8100	109.67
2	5.05	4.95	15.10	74.75	8184.00	0.6611	109.49
3	5.10	5.00	15.00	75.00	8253.00	0.6500	110.04
4	4.90	4.90	15.05	73.75	8330.00	1.0920	112.96
5	5.10	5.10	15.05	76.76	8733.00	0.7217	113.78
6	5.00	5.00	15.05	75.25	8325.00	0.5146	110.63
7	4.90	4.90	15.10	73.99	8466.00	0.4939	114.42
8	4.95	4.90	15.00	73.50	8216.00	0.6877	111.78
9	5.00	5.00	15.05	75.25	8443.00	1.0189	112.20
10	5.10	5.00	15.00	75.00	8083.00	0.8883	107.77
11	5.00	4.90	15.00	73.50	8195.00	0.9969	111.50
12	5.10	5.10	15.00	76.50	8824.00	0.8642	115.35
13	5.00	5.00	15.00	75.00	8831.00	0.4492	117.75
14	5.00	4.90	15.00	73.50	8428.00	0.6743	114.67
15	4.90	5.00	15.05	75.25	8183.00	1.0355	108.74
16	5.00	5.05	15.00	75.75	8385.00	0.8017	110.69
17	5.00	5.00	15.00	75.00	8850.00	0.6429	118.00
18	5.00	4.95	15.00	74.25	8366.00	0.6605	112.67
19	4.90	4.90	15.00	73.50	8386.00	0.9536	114.10
20	5.00	5.10	15.05	76.76	8789.00	0.5169	114.51
21	5.00	4.90	15.00	73.50	8705.00	0.7297	118.44
22	5.10	5.10	15.00	76.50	8807.00	1.0550	115.12
23	4.95	4.95	15.00	74.25	8173.00	0.9993	110.07
24	4.90	5.10	15.05	76.76	8312.00	1.0665	108.29
25	5.10	5.00	15.00	75.00	8751.00	0.9949	116.68
26	5.00	4.90	15.00	73.50	8668.00	0.5036	117.93
27	5.10	5.00	15.00	75.00	8813.00	0.6841	117.51
28	4.95	5.00	15.05	75.25	8336.00	0.5343	110.78
29	5.00	4.90	15.05	73.75	8772.00	0.9413	118.95
30	5.00	5.05	15.05	76.00	8861.00	0.4946	116.59

GRAFICA DE CARGA Y DEFORMACION:

OBSERVACIONES:

Fuente: Elaboración Propia.



Tabla N°64. Cálculos del ensayo de resistencia a la compresión perpendicular al grano con cera de abeja.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL									
TESIS:		ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALIPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.							
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 05			RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO						
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elwer				ESPECIE: Eucalyptus globulus con Cera de Abeja					
MATERIAL: Madera				FECHA: 29/05/2023					
N° Muestra	Altura (cm)	Espesor (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga max P (kg)	Deformación D (mm)	Esfuerzo C. (kg/cm ²)	GRAFICA DE CARGA Y DEFORMACION:	
1	5.00	5.00	15.00	75.00	7997.00	0.5639	106.63		
2	4.90	4.90	15.00	73.50	8273.00	0.5332	112.56		
3	4.70	4.90	15.10	73.99	8474.00	0.6670	114.53		
4	5.00	4.90	15.20	74.48	8057.00	1.0501	108.18		
5	4.90	4.90	15.00	73.50	8435.00	1.1067	114.76		
6	5.00	4.90	15.10	73.99	8169.00	0.8451	110.41		
7	4.80	4.90	15.10	73.99	7995.00	0.5733	108.06		
8	4.90	4.80	15.10	72.48	8031.00	0.7039	110.80		
9	4.90	4.90	15.00	73.50	8491.00	0.7371	115.52		
10	4.80	4.80	15.00	72.00	8256.00	0.6689	114.67		
11	4.90	4.90	15.10	73.99	8559.00	0.5445	115.68		
12	4.60	4.90	14.90	73.01	8496.00	0.8477	116.37		
13	4.70	4.80	15.00	72.00	8226.00	1.1050	114.25		
14	5.00	5.00	15.00	75.00	8287.00	0.9341	110.49		
15	4.90	5.00	15.00	75.00	8354.00	0.6493	111.39		
16	4.85	4.90	15.00	73.50	8443.00	1.0932	114.87		
17	5.00	5.00	15.00	75.00	8260.00	0.4812	110.13		
18	4.90	4.90	15.00	73.50	8042.00	0.9000	109.41		
19	4.90	4.90	15.00	73.50	8401.00	0.5332	114.30		
20	4.80	4.80	15.00	72.00	8474.00	0.7019	117.69		
21	4.90	4.90	15.00	73.50	8245.00	1.0750	112.18		
22	4.90	4.90	14.90	73.01	8416.00	0.5824	115.27		
23	5.00	5.00	14.90	74.50	8331.00	1.0400	111.83		
24	5.00	4.80	15.00	72.00	8133.00	0.4790	112.96		
25	4.90	4.90	15.00	73.50	8192.00	0.5271	111.46		
26	4.90	4.90	15.00	73.50	8479.00	1.0470	115.36		
27	5.00	4.90	15.00	73.50	8027.00	0.4101	109.21		
28	4.90	4.90	15.10	73.99	8347.00	0.9129	112.81		
29	4.90	4.90	15.30	74.97	8435.00	0.9786	112.51		
30	4.90	4.80	15.00	72.00	8113.00	0.8415	112.68		

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°65. Cálculos del ensayo de resistencia a la compresión perpendicular al grano con ACU.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL									
TESIS:		ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALIPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.							
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 05			RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO						
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elwer				ESPECIE: Eucalyptus globulus con Aceite de Cocina Usado					
MATERIAL: Madera				FECHA: 29/05/2023					
N° Muestra	Altura (cm)	Espesor (cm)	Largo (cm)	Área (cm ²)	Carga max P (kg)	Deformación D (mm)	Esfuerzo C. (kg/cm ²)	GRAFICA DE CARGA Y DEFORMACION:	
1	5.00	5.00	15.00	75.00	8013.00	0.7992	106.84		
2	4.95	5.05	15.05	76.00	7999.00	0.7753	105.25		
3	5.00	5.10	15.00	76.50	8071.00	0.5337	105.50		
4	4.90	4.90	15.10	73.99	7992.00	0.5577	108.01		
5	5.10	5.10	15.05	76.76	7984.00	0.4029	104.02		
6	5.00	5.00	15.00	75.00	8044.00	0.6283	107.25		
7	4.90	4.90	15.00	73.50	8036.00	0.8085	109.33		
8	4.90	4.95	15.10	74.75	8040.00	0.6643	107.57		
9	5.00	5.00	15.05	75.25	8077.00	0.6509	107.34		
10	5.00	5.10	15.05	76.76	8036.00	0.9495	104.70		
11	4.90	5.00	15.00	75.00	8029.00	0.6489	107.05		
12	5.10	5.10	15.00	76.50	8092.00	0.8501	105.78		
13	5.00	5.00	15.00	75.00	8010.00	0.8727	106.80		
14	4.90	5.00	15.00	75.00	8095.00	1.0821	107.93		
15	5.00	4.90	15.05	73.75	8115.00	1.0157	110.04		
16	5.05	5.00	15.00	75.00	7988.00	0.7955	106.51		
17	5.00	5.00	15.00	75.00	8071.00	0.5975	107.61		
18	4.95	5.00	15.00	75.00	8073.00	0.4217	107.64		
19	4.90	4.90	15.05	73.75	7987.00	0.4521	108.31		
20	5.10	5.00	15.05	75.25	8044.00	1.0280	106.90		
21	4.90	5.00	15.10	75.50	8116.00	0.5454	107.50		
22	5.10	5.10	15.00	76.50	8091.00	0.6285	105.76		
23	4.95	4.95	15.05	74.50	8061.00	0.6791	108.20		
24	5.10	4.90	15.05	73.75	8004.00	0.4884	108.54		
25	5.00	5.10	15.05	76.76	8079.00	0.4884	105.26		
26	4.90	5.00	15.10	75.50	8031.00	0.9484	106.37		
27	5.00	5.10	15.10	77.01	8016.00	0.8552	104.09		
28	5.00	4.95	15.05	74.50	8021.00	0.6118	107.67		
29	4.90	5.00	15.05	75.25	8008.00	0.8861	106.42		
30	5.05	5.00	15.00	75.00	8078.00	0.9851	107.71		

Fuente: Elaboración Propia.



3.5.3.6. Calculo para determinar la resistencia al cizallamiento perpendicular al grano

a) Procedimiento de prueba

- En este experimento se obtuvieron mediciones de la altura y el espesor de las muestras, y estas mediciones se utilizaron como datos para el ensayo de compresión al cizallamiento perpendicular al grano. El equipo de compresión se utilizó para medir la mayor carga experimentada por la muestra dentro del área entre la placa de carga. Estos datos se recogieron a continuación para determinar el esfuerzo cortante o cizalla.
- Se utilizo la siguiente formula el cual detalla más el cálculo,

Fórmula para el cálculo de la resistencia al cizallamiento perpendicular al grano

$$\text{Esfuerzo de Rotura} = \frac{P_{max}}{H * E} \text{ kg/cm}^2$$

$$P_{max} = \text{Carga ultima de Ruptura}$$

$$\text{Area} = (H) \text{ altura} * (E) \text{ espesor}$$

b) Esquemas y Tablas

Tabla N°66. Cálculos del ensayo de resistencia al cizallamiento paralelo al grano en estado natural.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
TESIS:	ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALYPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.					
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 06			RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO PARALELO AL GRANO			
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elwer			ESPECIE: Eucalyptus glóbulus en Estado Natural			
MATERIAL: Madera			FECHA: 30/05/2023			
N° Muestra	H pbta (cm)	E pbta (cm)	Área (cm ²)	Carga max P (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	GRÁFICA DE CARGA Y DE ESFUERZO:
1	5.00	4.60	23.00	1305.00	56.74	
2	5.00	4.70	23.50	1298.00	55.23	
3	4.80	4.80	23.04	1059.00	45.96	
4	5.00	4.90	24.50	1185.00	48.37	
5	4.85	4.80	23.28	1049.00	45.06	
6	5.00	4.60	23.00	1299.00	56.48	
7	4.90	4.80	23.52	1170.00	49.74	
8	5.00	4.70	23.50	1273.00	54.17	
9	4.90	4.80	23.52	1260.00	53.57	
10	5.00	4.60	23.00	1295.00	56.30	
11	4.80	4.70	22.56	1089.00	48.27	
12	4.80	4.60	22.08	1307.00	59.19	
13	4.95	4.65	23.02	1051.00	45.66	
14	4.90	4.60	22.54	1312.00	58.21	
15	4.90	4.60	22.54	1279.00	56.74	
16	4.85	4.70	22.80	1062.00	46.59	
17	5.00	4.80	24.00	1217.00	50.71	
18	4.90	4.75	23.28	1125.00	48.34	
19	4.90	4.80	23.52	1174.00	49.91	
20	4.95	4.65	23.02	1048.00	45.53	
21	4.85	4.80	23.28	1195.00	51.33	
22	4.95	4.65	23.02	1089.00	47.31	
23	5.00	4.65	23.25	1099.00	47.27	
24	5.00	4.70	23.50	1270.00	54.04	
25	4.90	4.70	23.03	1058.00	45.94	
26	4.95	4.65	23.02	1273.00	55.31	
27	4.90	4.65	22.79	1205.00	52.89	
28	4.90	4.60	22.54	1287.00	57.10	
29	5.00	4.70	23.50	1131.00	48.13	
30	4.90	4.80	23.52	1099.00	46.73	
OBSERVACIONES:						

Fuente: Elaboración Propia.



Tabla N°67. Cálculos del ensayo de resistencia al cizallamiento paralelo al grano con parafina.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
TESIS:	ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALIPTUS GLÓBULUS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.				
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 06	RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO PARALELO AL GRANO				
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elwer	ESPECIE: Eucalyptus glóbulus con Parafina				
MATERIAL: Madera	FECHA: 30/05/2023				
N° Muestra	H pbta (cm)	E pbta (cm)	Área (cm ²)	Carga max P (kg)	Esfuerzo kg/cm ²
1	5.05	4.90	24.75	2282.00	92.22
2	5.10	5.00	25.50	2438.00	95.61
3	5.00	5.00	25.00	2179.00	87.16
4	4.90	4.90	24.01	2285.00	95.17
5	4.95	5.00	24.75	2556.00	103.27
6	4.95	4.90	24.26	2162.00	89.14
7	5.10	4.95	25.25	2249.00	89.09
8	5.00	5.00	25.00	2182.00	87.28
9	4.90	5.00	24.50	2722.00	111.10
10	4.95	5.00	24.75	2490.00	100.61
11	4.90	5.00	24.50	2729.00	111.39
12	4.90	4.90	24.01	2087.00	86.92
13	5.00	5.00	25.00	2075.00	83.00
14	4.90	4.90	24.01	2281.00	95.00
15	5.00	4.90	24.50	2226.00	90.86
16	4.90	4.95	24.26	2201.00	90.74
17	5.00	5.00	25.00	2424.00	96.96
18	5.10	5.00	25.50	2800.00	109.80
19	5.00	5.00	25.00	2294.00	91.76
20	4.90	5.00	24.50	2495.00	101.84
21	4.95	4.90	24.26	2301.00	94.87
22	4.90	4.95	24.26	2290.00	94.41
23	5.00	5.00	25.00	2448.00	97.92
24	5.00	4.90	24.50	2082.00	84.98
25	5.00	5.00	25.00	2998.00	119.92
26	4.90	5.00	24.50	2705.00	110.41
27	4.90	4.90	24.01	2136.00	88.96
28	5.00	4.95	24.75	2610.00	105.45
29	4.90	5.00	24.50	2511.00	102.49
30	5.00	5.00	25.00	2768.00	110.72

GRAFICA DE CARGA Y DE ESFUERZO:

— Carga max P (kg) — Esfuerzo Compresion kg/cm²

OBSERVACIONES:

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°68. Cálculos del ensayo de resistencia al cizallamiento paralelo al grano con cera de abeja.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
TESIS:	ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALIPTUS GLÓBULUS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.				
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 06	RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO PARALELO AL GRANO				
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elwer	ESPECIE: Eucalyptus glóbulus con Cera de Abeja				
MATERIAL: Madera	FECHA: 30/05/2023				
N° Muestra	H pbta (cm)	E pbta (cm)	Área (cm ²)	Carga max P (kg)	Esfuerzo kg/cm ²
1	5.00	4.70	23.50	2310.00	98.30
2	5.00	4.90	24.50	2410.00	98.37
3	5.00	4.80	24.00	2190.00	91.25
4	5.00	4.80	24.00	2610.00	108.75
5	5.00	4.90	24.50	2390.00	97.55
6	5.00	4.70	23.50	2770.00	117.87
7	5.00	4.60	23.00	1560.00	67.83
8	5.00	4.80	24.00	2135.00	88.96
9	5.00	4.60	23.00	2040.00	88.70
10	4.90	4.80	23.52	2076.00	88.27
11	5.00	4.80	24.00	2160.00	90.00
12	5.00	4.80	24.00	2240.00	93.33
13	5.00	4.80	24.00	2020.00	84.17
14	4.90	4.60	22.54	2105.00	93.39
15	4.90	4.80	23.52	2440.00	103.74
16	5.00	4.70	23.50	1930.00	82.13
17	5.00	4.80	24.00	2090.00	87.08
18	5.00	4.80	24.00	2480.00	103.33
19	5.00	4.90	24.50	1490.00	60.82
20	5.00	5.00	25.00	2740.00	109.60
21	4.90	4.60	22.54	2110.00	93.61
22	5.00	4.60	23.00	2320.00	100.87
23	5.00	4.90	24.50	2720.00	111.02
24	4.80	4.80	23.04	2720.00	118.06
25	5.00	4.70	23.50	2200.00	93.62
26	5.00	4.90	24.50	2220.00	90.61
27	5.00	4.80	24.00	2300.00	95.83
28	5.00	4.80	24.00	2140.00	89.17
29	5.00	4.80	24.00	2000.00	83.33
30	5.00	4.90	24.50	2320.00	94.69

GRAFICA DE CARGA Y DE ESFUERZO:

— Carga max P (kg) — Esfuerzo Compresion kg/cm²

OBSERVACIONES:

Fuente: Elaboración Propia.



Tabla N°69. Cálculos del ensayo de resistencia al cizallamiento paralelo al grano con ACU.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
TESIS:	ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALYPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.				
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 06			RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO PARALELO AL GRANO		
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elwer			ESPECIE: Eucalyptus globulus con Aceite de Cocina Usado		
MATERIAL: Madera			FECHA: 30/05/2023		
N° Muestra	H phta (cm)	E phta (cm)	Area (cm2)	Carga max P (kg)	Esfuerzo kg/cm2
1	5.05	4.90	24.75	1108.00	44.78
2	5.00	5.00	25.00	1049.00	41.96
3	4.00	5.00	20.00	1227.00	61.35
4	4.90	4.90	24.01	965.00	40.19
5	4.90	4.95	24.26	1083.00	44.65
6	4.95	5.00	24.75	953.00	38.51
7	4.90	4.95	24.26	1208.00	49.80
8	4.90	5.00	24.50	1105.00	45.10
9	5.00	5.00	25.00	1128.00	45.12
10	5.00	5.00	25.00	1243.00	49.72
11	5.00	5.00	25.00	978.00	39.12
12	4.90	5.00	24.50	1171.00	47.80
13	4.90	5.10	24.99	997.00	39.90
14	4.90	5.00	24.50	1195.00	48.78
15	4.95	5.10	25.25	965.00	38.23
16	5.00	4.90	24.50	1220.00	49.80
17	5.00	5.00	25.00	1228.00	49.12
18	5.10	5.00	25.50	1230.00	48.24
19	5.00	4.90	24.50	997.00	40.69
20	4.90	5.00	24.50	1143.00	46.65
21	4.95	5.00	24.75	1185.00	47.88
22	4.90	4.90	24.01	1231.00	51.27
23	5.00	5.00	25.00	1053.00	42.12
24	5.00	5.00	25.00	992.00	39.68
25	5.00	4.90	24.50	1189.00	48.53
26	4.90	4.90	24.01	1188.00	49.48
27	4.90	5.00	24.50	1014.00	41.39
28	5.00	5.00	25.00	1198.00	47.92
29	4.90	5.00	24.50	1036.00	42.29
30	5.00	5.00	25.00	1197.00	47.88

GRAFICA DE CARGA Y DE ESFUERZO:

OBSERVACIONES:

Fuente: Elaboración Propia.

3.5.3.7. Calculo para determinar la resistencia a la flexión estática

a) Procedimiento de prueba

- En el ensayo de flexión estática, con los datos obtenidos como el espesor, longitud, altura, distancia luz y datos relativos de carga máxima, se calculó el esfuerzo y se creó una representación gráfica. Se utilizó la siguiente fórmula para realizar el cálculo.

Cálculo de la Resistencia a la Flexión Estática

$$\text{Esfuerzo de Rotura} = \frac{3 * P_{max} * L}{2 * b * h^2} \text{ kg/cm}^2$$

P_{max} = Carga ultima de Ruptura

L = Distancia entre apoyos

b = Ancho de la Muestra

h = Altura de la Muestra



b) Esquema y Tablas

Tabla N°70. Cálculos del ensayo de resistencia a la flexión estática en estado natural.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
TESIS:		ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALIPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.					
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07		RESISTENCIA A LA FLEXIÓN ESTÁTICA					
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elber		ESPECIE: Eucalyptus glóbulus en Estado Natural					
MATERIAL: Madera		FECHA: 31/05/2023					
N° Muestra	Luz (cm)	Longitud (cm)	Altura (cm)	Espesor (cm)	Área (cm ²)	Carga max P (kg)	Esfuerzo kg/cm ²
1	17.50	41.25	2.50	2.45	42.88	487.53	835.77
2	17.50	41.20	2.50	2.60	45.50	498.03	804.51
3	17.50	41.00	2.60	2.70	47.25	474.27	682.09
4	17.50	40.80	2.50	2.65	46.38	449.05	711.70
5	17.50	41.05	2.40	2.60	45.50	474.07	830.95
6	17.50	41.00	2.50	2.50	43.75	461.63	775.54
7	17.50	41.20	2.70	2.50	43.75	487.42	702.05
8	17.50	41.10	2.45	2.40	42.00	461.01	840.03
9	17.50	41.15	2.50	2.60	45.50	472.94	763.98
10	17.50	41.00	2.50	2.50	43.75	450.71	757.19
11	17.50	40.90	2.50	2.70	47.25	460.25	715.94
12	17.50	41.00	2.60	2.45	42.88	480.23	761.14
13	17.50	41.00	2.50	2.50	43.75	485.09	814.95
14	17.50	41.00	2.50	2.50	43.75	495.25	832.02
15	17.50	41.20	2.40	2.50	43.75	468.03	853.18
16	17.50	41.00	2.50	2.50	43.75	465.35	781.79
17	17.50	41.00	2.40	2.60	45.50	475.98	834.30
18	17.50	41.15	2.50	2.50	43.75	460.13	773.02
19	17.50	41.10	2.50	2.40	42.00	468.35	819.61
20	17.50	41.10	2.40	2.50	43.75	475.25	866.34
21	17.50	41.10	2.50	2.70	47.25	469.78	730.77
22	17.50	41.00	2.50	2.45	42.88	475.89	815.81
23	17.50	41.00	2.70	2.50	43.75	479.25	690.28
24	17.50	41.00	2.45	2.50	43.75	487.03	851.95
25	17.50	40.80	2.50	2.50	43.75	490.75	824.46
26	17.50	41.00	2.50	2.60	45.50	449.25	725.71
27	17.50	40.90	2.50	2.70	47.25	475.78	740.10
28	17.50	41.00	2.60	2.65	46.38	481.07	704.93
29	17.50	41.00	2.50	2.60	45.50	487.25	787.10
30	17.50	41.00	2.50	2.50	43.75	470.65	790.69

GRAFICA DE CARGA Y DE ESFUERZO:

OBSERVACIONES:

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°71. Cálculos del ensayo de resistencia a la flexión estática con parafina.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
TESIS:		ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALIPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PÍSAC.					
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07		RESISTENCIA A LA FLEXIÓN ESTÁTICA					
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elber		ESPECIE: Eucalyptus glóbulus con Parafina					
MATERIAL: Madera		FECHA: 31/05/2023					
N° Muestra	Luz (cm)	Longitud (cm)	Altura (cm)	Espesor (cm)	Área (cm ²)	Carga max P (kg)	Esfuerzo kg/cm ²
1	17.50	41.15	2.70	2.50	43.75	597.37	860.41
2	17.50	41.10	2.45	2.50	43.75	589.26	1030.78
3	17.50	41.10	2.50	2.60	45.50	567.50	916.73
4	17.50	41.10	2.50	2.50	43.75	596.72	1002.49
5	17.50	41.15	2.50	2.40	42.00	543.44	951.02
6	17.50	41.15	2.60	2.50	43.75	555.53	862.88
7	17.50	41.00	2.50	2.70	47.25	631.56	982.43
8	17.50	41.00	2.50	2.45	42.88	557.35	955.46
9	17.50	41.10	2.50	2.50	43.75	581.55	977.00
10	17.50	41.00	2.50	2.50	43.75	629.15	1056.97
11	17.50	41.15	2.50	2.50	43.75	631.78	1061.39
12	17.50	41.15	2.50	2.60	45.50	611.55	987.89
13	17.50	41.00	2.60	2.70	47.25	593.75	853.93
14	17.50	41.00	2.50	2.65	46.38	603.63	956.70
15	17.50	41.15	2.40	2.60	45.50	589.19	1032.73
16	17.50	41.15	2.50	2.50	43.75	569.88	957.40
17	17.50	41.10	2.70	2.60	45.50	608.35	842.52
18	17.50	41.00	2.45	2.50	43.75	599.96	1049.49
19	17.50	41.10	2.50	2.40	42.00	544.27	952.47
20	17.50	41.10	2.40	2.50	43.75	618.57	1127.60
21	17.50	41.15	2.50	2.70	47.25	620.03	964.49
22	17.50	41.15	2.50	2.45	42.88	597.51	1024.30
23	17.50	41.00	2.70	2.60	45.50	615.78	852.81
24	17.50	41.00	2.45	2.50	43.75	606.14	1060.30
25	17.50	41.15	2.50	2.40	42.00	615.27	1076.72
26	17.50	41.15	2.50	2.45	42.88	596.66	1022.85
27	17.50	41.10	2.50	2.50	43.75	544.67	915.05
28	17.50	41.10	2.60	2.70	47.25	584.87	841.16
29	17.50	41.00	2.50	2.45	42.88	599.10	1027.03
30	17.50	41.00	2.50	2.60	45.50	572.46	924.74

GRAFICA DE CARGA Y DE ESFUERZO:

OBSERVACIONES:

Fuente: Elaboración Propia.



Tabla N°72. Cálculos del ensayo de resistencia a la flexión estática con cera de abeja.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
TESIS:		ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALYPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PISAC.					
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07			RESISTENCIA A LA FLEXIÓN ESTÁTICA				
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elver			ESPECIE: Eucalyptus globulus con Cera de Abeja				
MATERIAL: Madera			FECHA: 31/05/2023				
N° Muestra	Luz (cm)	Longitud (cm)	Altura (cm)	Espesor (cm)	Área (cm ²)	Carga max P (kg)	Esfuerzo kg/cm ²
1	17.50	41.00	2.40	2.50	43.75	509.16	928.16
2	17.50	41.00	2.50	2.50	43.75	522.39	877.62
3	17.50	41.00	2.50	2.50	43.75	540.02	907.23
4	17.50	41.20	2.50	2.40	42.00	511.70	895.48
5	17.50	41.00	2.50	2.50	43.75	518.12	870.44
6	17.50	41.20	2.50	2.50	43.75	509.53	856.01
7	17.50	41.00	2.30	2.40	42.00	489.87	1012.85
8	17.50	41.00	2.50	2.50	43.75	515.58	866.17
9	17.50	41.00	2.40	2.40	42.00	495.58	941.04
10	17.50	41.00	2.50	2.50	43.75	507.97	853.39
11	17.50	41.00	2.40	2.40	42.00	498.03	945.69
12	17.50	41.00	2.30	2.30	40.25	542.35	1170.11
13	17.50	41.00	2.30	2.40	42.00	478.66	989.67
14	17.50	41.10	2.30	2.40	42.00	488.85	1010.74
15	17.50	41.00	2.30	2.40	42.00	556.15	1149.88
16	17.50	41.10	2.40	2.40	42.00	508.94	966.41
17	17.50	41.10	2.40	2.40	42.00	604.45	1147.77
18	17.50	41.00	2.50	2.50	43.75	569.54	956.83
19	17.50	41.10	2.50	2.40	42.00	491.75	860.56
20	17.50	41.00	2.40	2.40	42.00	562.87	1068.82
21	17.50	41.10	2.50	2.40	42.00	502.67	879.67
22	17.50	41.20	2.30	2.30	40.25	555.69	1198.89
23	17.50	41.10	2.30	2.30	40.25	528.47	1140.16
24	17.50	41.00	2.30	2.30	40.25	515.76	1112.74
25	17.50	41.10	2.40	2.40	42.00	489.66	929.80
26	17.50	41.09	2.40	2.40	42.00	509.41	967.30
27	17.50	41.00	2.30	2.40	42.00	581.72	1202.75
28	17.50	41.20	2.40	2.40	42.00	542.68	1030.48
29	17.50	41.10	2.30	2.30	40.25	478.08	1031.45
30	17.50	41.10	2.40	2.50	43.75	474.31	864.63

GRAFICA DE CARGA Y DE ESFUERZO:

OBSERVACIONES:

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°73. Cálculos del ensayo de resistencia a la flexión estática con ACU.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
TESIS:		ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALYPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL - PISAC.					
GUÍA DE OBSERVACIÓN N° 07			RESISTENCIA A LA FLEXIÓN ESTÁTICA				
RESPONSABLE: Mansilla Gomez Royer Elver			ESPECIE: Eucalyptus globulus con Aceite de Cocina Usado				
MATERIAL: Madera			FECHA: 31/05/2023				
N° Muestra	Luz (cm)	Longitud (cm)	Altura (cm)	Espesor (cm)	Área (cm ²)	Carga max P (kg)	Esfuerzo kg/cm ²
1	17.50	41.15	2.45	2.50	43.75	492.38	861.31
2	17.50	41.10	2.60	2.50	43.75	488.38	758.58
3	17.50	41.10	2.70	2.60	45.50	521.82	722.69
4	17.50	41.10	2.65	2.50	43.75	478.80	715.90
5	17.50	41.00	2.60	2.40	42.00	515.62	834.26
6	17.50	41.00	2.50	2.50	43.75	508.72	854.65
7	17.50	41.00	2.50	2.70	47.25	421.59	655.81
8	17.50	41.00	2.40	2.45	42.88	448.84	834.90
9	17.50	41.20	2.60	2.50	43.75	459.20	713.25
10	17.50	41.00	2.50	2.50	43.75	447.30	751.46
11	17.50	41.00	2.70	2.50	43.75	441.04	635.24
12	17.50	41.00	2.45	2.60	45.50	498.69	838.79
13	17.50	41.00	2.50	2.50	43.75	505.65	849.49
14	17.50	41.00	2.50	2.50	43.75	491.82	826.26
15	17.50	41.20	2.50	2.40	42.00	484.50	847.88
16	17.50	41.00	2.50	2.50	43.75	521.46	876.05
17	17.50	41.00	2.60	2.40	42.00	486.25	786.74
18	17.50	41.15	2.50	2.50	43.75	476.16	799.95
19	17.50	41.10	2.40	2.50	43.75	501.16	913.57
20	17.50	41.10	2.50	2.40	42.00	482.43	844.25
21	17.50	41.10	2.70	2.50	43.75	473.02	681.30
22	17.50	41.00	2.45	2.50	43.75	454.84	795.64
23	17.50	41.00	2.50	2.70	47.25	498.46	775.38
24	17.50	41.00	2.50	2.45	42.88	467.86	802.05
25	17.50	41.15	2.50	2.50	43.75	519.66	873.03
26	17.50	41.10	2.60	2.50	43.75	455.55	707.59
27	17.50	41.10	2.70	2.50	43.75	489.40	704.90
28	17.50	41.10	2.65	2.60	45.50	486.88	699.98
29	17.50	41.00	2.60	2.50	43.75	466.46	724.53
30	17.50	41.00	2.50	2.50	43.75	485.84	816.21

GRAFICA DE CARGA Y DE ESFUERZO:

OBSERVACIONES:

Fuente: Elaboración Propia.



3.5.4. Verificación

Para la verificación por el criterio de Chauvenet se tiene que procesar datos estadísticos, el primer paso es calcular valor de umbral D_{max} según la cantidad de la muestra, $N=30$, por lo tanto, $P_z=0.00833$. Entonces según la tabla de normalidad de Chauvenet $D_{max}=2.394$ y se debe cumplir la condición $Pr(Z > D_{max})$ esto para toda la verificación de datos. El segundo paso es datos normalizados calcular los Z correspondientes para cada muestra, con la media de la muestra, desviación estándar, coeficiente de variación, varianza de la muestra por cada uno de las muestras.

3.5.4.1. Verificación de datos del ensayo de contenido de humedad de la madera

Verificación de Prueba

- Para la validación de los datos de Contenido de Humedad, se utilizó el criterio de Chauvenet. Esta herramienta estadística permite evaluar las muestras para determinar si una lectura de muestra determinada es un valor atípico o no atípico, por consiguiente, ayuda a determinar la validez o invalidez de la lectura de la muestra, se tiene la siguiente tabla del proceso de datos estadísticos para el criterio:

Tabla N°74. Datos de criterio de Chauvenet de contenido de humedad.

Datos Estadísticos	Estado Natural	Parafina	Cera de Abeja	Aceite de Cocina Usado
Media de la Muestra	15.940	14.380	13.973	14.243
Desviación Estandar	1.559	2.147	1.738	1.400
Coefficiente de Variación	10.033	14.927	12.437	11.513
Varianza de la Muestra	2.646	4.766	3.124	2.782
Desviación típica	1.627	2.187	1.768	1.668

Fuente: Elaboración Propia.

- De acuerdo a este criterio estadístico se puede verificar que todos los datos se encuentran válidos, tanto para las muestras en estado natural y para las muestras tratadas con los aditivos.



Tabla N°75. Criterio de Chauvenet para el ensayo de contenido de humedad.

CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MADERA								
N° Muestras	Estado Natural	Valido	Parafina	Valido	Cera de Abeja	Valido	Aceite de Cocina Usado	Valido
1	14.500	Si	13.200	Si	13.200	Si	16.200	Si
2	14.100	Si	12.200	Si	12.200	Si	12.100	Si
3	15.900	Si	13.000	Si	13.000	Si	13.800	Si
4	13.800	Si	10.600	Si	10.700	Si	15.700	Si
5	13.700	Si	17.000	Si	15.700	Si	15.200	Si
6	16.100	Si	17.200	Si	14.300	Si	17.200	Si
7	14.500	Si	14.800	Si	14.800	Si	15.500	Si
8	14.500	Si	17.200	Si	15.300	Si	12.800	Si
9	16.100	Si	12.700	Si	13.700	Si	15.100	Si
10	17.800	Si	13.500	Si	12.700	Si	13.900	Si
11	17.200	Si	15.300	Si	15.300	Si	12.100	Si
12	15.200	Si	14.800	Si	14.800	Si	12.700	Si
13	15.400	Si	10.700	Si	10.800	Si	12.200	Si
14	14.200	Si	17.100	Si	16.600	Si	12.900	Si
15	15.100	Si	16.000	Si	16.000	Si	17.200	Si
16	17.100	Si	15.600	Si	15.600	Si	12.100	Si
17	16.800	Si	14.700	Si	14.700	Si	13.600	Si
18	19.800	Si	15.200	Si	15.200	Si	14.300	Si
19	16.100	Si	11.300	Si	11.300	Si	14.300	Si
20	16.500	Si	13.200	Si	13.200	Si	12.800	Si
21	17.100	Si	11.400	Si	11.400	Si	14.700	Si
22	14.800	Si	10.700	Si	10.700	Si	12.100	Si
23	13.600	Si	13.300	Si	13.300	Si	14.900	Si
24	14.400	Si	15.400	Si	15.400	Si	17.700	Si
25	19.400	Si	16.100	Si	16.100	Si	14.700	Si
26	17.700	Si	17.200	Si	14.600	Si	14.600	Si
27	17.400	Si	16.100	Si	16.100	Si	12.400	Si
28	16.100	Si	13.000	Si	13.000	Si	16.200	Si
29	15.700	Si	15.300	Si	15.300	Si	13.100	Si
30	17.600	Si	17.600	Si	14.200	Si	15.200	Si

Fuente: Elaboración Propia.

3.5.4.2.Verificación de datos del ensayo de densidad básica de la madera

Verificación de prueba

- Para validar los datos de densidad básica se utilizó el criterio de Chauvenet, una técnica estadística, para evaluar la validez de cada medición, se tiene la siguiente tabla del proceso de datos estadísticos para el criterio:

Tabla N°76. Datos de criterio de Chauvenet de densidad básica de la madera.

Datos Estadísticos	Estado Natural	Parafina	Cera de Abeja	Aceite de Cocina Usado
Media de la Muestra	0.046	0.118	0.118	0.129
Desviación Estandar	0.010	0.014	0.013	0.014
Coefficiente de Variación	21.159	11.654	11.244	10.895
Varianza de la Muestra	0.000	0.000	0.000	0.000
Desviación típica	0.010	0.014	0.013	0.014

Fuente: Elaboración Propia.



Tabla N°77. Criterio de Chauvenet para el ensayo de densidad básica.

DENSIDAD BASICA DE LA MADERA								
N° Muestras	Estado Natural	Valido	Parafina	Valido	Cera de Abeja	Valido	Aceite de Cocina Usado	Valido
1	0.054	Si	0.095	Si	0.100	Si	0.133	Si
2	0.057	Si	0.112	Si	0.133	Si	0.144	Si
3	0.045	Si	0.136	Si	0.098	Si	0.133	Si
4	0.045	Si	0.136	Si	0.124	Si	0.136	Si
5	0.044	Si	0.132	Si	0.100	Si	0.129	Si
6	0.056	Si	0.132	Si	0.133	Si	0.118	Si
7	0.045	Si	0.097	Si	0.120	Si	0.110	Si
8	0.045	Si	0.129	Si	0.111	Si	0.132	Si
9	0.075	No	0.109	Si	0.128	Si	0.131	Si
10	0.044	Si	0.131	Si	0.124	Si	0.122	Si
11	0.055	Si	0.100	Si	0.113	Si	0.138	Si
12	0.056	Si	0.122	Si	0.097	Si	0.097	Si
13	0.046	Si	0.122	Si	0.111	Si	0.120	Si
14	0.056	Si	0.111	Si	0.121	Si	0.133	Si
15	0.044	Si	0.122	Si	0.101	Si	0.144	Si
16	0.055	Si	0.124	Si	0.131	Si	0.145	Si
17	0.055	Si	0.120	Si	0.132	Si	0.146	Si
18	0.045	Si	0.137	Si	0.118	Si	0.144	Si
19	0.022	Si	0.122	Si	0.100	Si	0.123	Si
20	0.033	Si	0.111	Si	0.111	Si	0.137	Si
21	0.033	Si	0.133	Si	0.132	Si	0.134	Si
22	0.045	Si	0.134	Si	0.112	Si	0.100	Si
23	0.034	Si	0.134	Si	0.136	Si	0.142	Si
24	0.043	Si	0.100	Si	0.108	Si	0.149	Si
25	0.033	Si	0.110	Si	0.101	Si	0.102	Si
26	0.044	Si	0.101	Si	0.122	Si	0.112	Si
27	0.044	Si	0.112	Si	0.137	Si	0.143	Si
28	0.043	Si	0.102	Si	0.137	Si	0.133	Si
29	0.043	Si	0.096	Si	0.133	Si	0.122	Si
30	0.045	Si	0.108	Si	0.112	Si	0.124	Si

Fuente: Elaboración Propia.

- Según el criterio de Chauvenet, en la tabla se observa que la muestra nueve carece de validez, ya que se desvía significativamente de los demás datos relativos a la densidad básica de la madera.

3.5.4.3.Verificación de datos del ensayo de dureza por el método de Brinell

Verificación de prueba

- El criterio de Chauvenet se utilizó como técnica estadística para verificar los resultados obtenidos con el método Brinell, se tiene la siguiente tabla del proceso de datos estadísticos para el criterio:

Tabla N°78. Datos de criterio de Chauvenet de dureza por el método de Brinell.

Datos Estadísticos	Estado Natural	Parafina	Cera de Abeja	Aceite de Cocina Usado
Media de la Muestra	4.042	9.659	8.626	4.211
Desviación Estandar	0.312	0.475	0.403	0.330
Coefficiente de Variación	7.710	4.914	4.675	7.827
Varianza de la Muestra	0.100	0.233	0.168	0.112
Desviación típica	0.317	0.483	0.410	0.335

Fuente: Elaboración Propia.



Tabla N°79. Criterio de Chauvenet para el ensayo dureza por el método Brinell.

DUREZA POR EL MÉTODO BRINELL								
N° Muestras	Estado Natural	Valido	Parafina	Valido	Cera de Abeja	Valido	Aceite de Cocina Usado	Valido
1	4.02	Si	9.50	Si	8.49	Si	3.86	Si
2	4.55	Si	10.07	Si	8.97	Si	3.86	Si
3	3.57	Si	10.07	Si	8.97	Si	4.37	Si
4	4.37	Si	8.97	Si	8.04	Si	4.02	Si
5	4.55	Si	9.50	Si	8.49	Si	3.86	Si
6	4.75	Si	10.07	Si	8.97	Si	3.86	Si
7	4.19	Si	9.50	Si	8.49	Si	4.75	Si
8	4.02	Si	8.97	Si	8.04	Si	3.86	Si
9	4.37	Si	10.07	Si	8.97	Si	4.55	Si
10	3.71	Si	8.97	Si	8.04	Si	4.19	Si
11	4.19	Si	10.07	Si	8.97	Si	3.86	Si
12	3.71	Si	8.97	Si	8.04	Si	4.37	Si
13	4.19	Si	10.07	Si	8.97	Si	4.02	Si
14	4.37	Si	9.50	Si	8.49	Si	4.55	Si
15	3.71	Si	9.50	Si	8.49	Si	4.37	Si
16	4.02	Si	8.97	Si	8.04	Si	4.02	Si
17	4.37	Si	10.07	Si	8.97	Si	3.86	Si
18	4.19	Si	10.69	Si	9.50	Si	4.55	Si
19	3.71	Si	10.07	Si	8.97	Si	3.86	Si
20	3.71	Si	10.07	Si	8.97	Si	4.02	Si
21	3.86	Si	8.97	Si	8.04	Si	4.19	Si
22	3.86	Si	9.50	Si	8.49	Si	4.37	Si
23	3.71	Si	10.07	Si	8.97	Si	4.55	Si
24	3.86	Si	9.50	Si	8.49	Si	4.19	Si
25	3.71	Si	10.07	Si	8.97	Si	3.71	Si
26	3.86	Si	9.50	Si	8.49	Si	4.75	Si
27	3.71	Si	9.50	Si	8.49	Si	4.96	Si
28	4.37	Si	10.07	Si	8.97	Si	4.55	Si
29	4.19	Si	8.97	Si	8.04	Si	4.37	Si
30	3.86	Si	10.07	Si	8.97	Si	4.02	Si

Fuente: Elaboración Propia.

- El criterio de Chauvenet permite verificar que, en el ensayo de dureza por el método de Brinell, todas las lecturas realizadas son válidos.

3.5.4.4.Verificación datos del ensayo de resistencia a la compresión paralelo al grano

Verificación de Prueba

- El criterio de Chauvenet se utilizó para validar los resultados, evaluar la exactitud de los datos en función de criterios estadísticos que indica el autor, se tiene la siguiente tabla del proceso de datos estadísticos para el criterio:

Tabla N°80. Datos de criterio de chauvenet r. compresión paralela al grano.

Datos Estadísticos	Estado Natural	Parafina	Cera de Abeja	Aceite de Cocina Usado
Media de la Muestra	316.873	328.203	325.509	319.266
Desviacion Estandar	9.876	11.606	9.817	9.162
Coficiente de Variacion	3.117	3.536	3.016	2.870
Varianza de la Muestra	100.898	139.347	99.687	86.834
Desviacion típica	10.045	11.805	9.984	9.318

Fuente: Elaboración Propia.



Tabla N°81. Criterio de Chauvenet para el ensayo resistencia en la compresión paralelo al grano.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARALELO AL GRANO								
N° Muestras	Estado Natural	Valido	Parafina	Valido	Cera de Abeja	Valido	Aceite de Cocina Usado	Valido
1	318.11	Si	328.82	Si	335.55	Si	332.71	Si
2	334.69	Si	319.96	Si	325.36	Si	303.34	Si
3	330.10	Si	322.75	Si	311.56	Si	313.07	Si
4	323.22	Si	326.64	Si	310.13	Si	308.86	Si
5	319.56	Si	353.19	Si	317.25	Si	326.29	Si
6	312.21	Si	315.47	Si	336.99	Si	331.33	Si
7	326.13	Si	340.96	Si	322.29	Si	332.24	Si
8	315.14	Si	328.20	Si	314.94	Si	318.48	Si
9	298.64	Si	331.80	Si	325.33	Si	303.06	Si
10	311.20	Si	342.50	Si	328.15	Si	318.09	Si
11	305.57	Si	320.24	Si	336.14	Si	334.82	Si
12	324.69	Si	322.16	Si	339.50	Si	312.67	Si
13	310.29	Si	320.72	Si	331.21	Si	326.89	Si
14	322.38	Si	313.73	Si	325.99	Si	319.96	Si
15	325.05	Si	330.52	Si	323.39	Si	311.41	Si
16	329.56	Si	346.16	Si	336.72	Si	328.70	Si
17	311.88	Si	332.35	Si	326.45	Si	308.82	Si
18	321.01	Si	326.86	Si	321.92	Si	310.20	Si
19	326.84	Si	339.45	Si	349.33	Si	311.29	Si
20	314.48	Si	315.92	Si	332.07	Si	322.14	Si
21	309.58	Si	313.20	Si	324.62	Si	320.28	Si
22	330.36	Si	314.61	Si	326.02	Si	312.35	Si
23	328.28	Si	328.52	Si	313.27	Si	316.52	Si
24	317.22	Si	334.86	Si	323.94	Si	336.95	Si
25	306.00	Si	318.49	Si	339.50	Si	317.28	Si
26	316.54	Si	348.65	Si	309.35	Si	323.07	Si
27	313.29	Si	333.80	Si	317.60	Si	326.65	Si
28	306.45	Si	310.39	Si	309.37	Si	311.10	Si
29	301.84	Si	347.27	Si	325.25	Si	324.33	Si
30	295.88	Si	317.92	Si	326.09	Si	315.08	Si

Fuente: Elaboración Propia.

- Chauvenet ha facilitado la verificación todos los datos y todo son válidos.

3.5.4.5.Verificación de datos del ensayo de resistencia a la compresión perpendicular al grano

Verificación de prueba

- Para la validación de los resultados se utilizó el criterio de Chauvenet, que sirve de herramienta estadística para validar los datos, se tiene la siguiente tabla del proceso de datos estadísticos para el criterio:

Tabla N°82. Datos de criterio de chauvenet r. compresión perpendicular al grano.

Datos Estadísticos	Estado Natural	Parafina	Cera de Abeja	Aceite de Cocina Usado
Media de la Muestra	102.464	113.369	112.565	106.930
Desviacion Estandar	4.199	3.301	2.684	1.409
Coefficiente de Variacion	4.098	2.912	2.385	1.317
Varianza de la Muestra	18.242	11.275	7.454	2.052
Desviacion típica	4.271	3.358	2.730	1.433

Fuente: Elaboración Propia.



Tabla N°83. Criterio de Chauvenet para el ensayo resistencia en la compresión perpendicular al grano.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO								
N° Muestras	Estado Natural	Valido	Parafina	Valido	Cera de Abeja	Valido	Aceite de Cocina Usado	Valido
1	103.53	Si	109.67	Si	106.63	Si	106.84	Si
2	102.57	Si	109.49	Si	112.56	Si	105.25	Si
3	106.56	Si	110.04	Si	114.53	Si	105.50	Si
4	104.18	Si	112.96	Si	108.18	Si	108.01	Si
5	98.56	Si	113.78	Si	114.76	Si	104.02	Si
6	106.76	Si	110.63	Si	110.41	Si	107.25	Si
7	98.69	Si	114.42	Si	108.06	Si	109.33	Si
8	107.36	Si	111.78	Si	110.80	Si	107.57	Si
9	108.89	Si	112.20	Si	115.52	Si	107.34	Si
10	102.39	Si	107.77	Si	114.67	Si	104.70	Si
11	100.79	Si	111.50	Si	115.68	Si	107.05	Si
12	93.19	Si	115.35	Si	116.37	Si	105.78	Si
13	107.26	Si	117.75	Si	114.25	Si	106.80	Si
14	100.76	Si	114.67	Si	110.49	Si	107.93	Si
15	104.45	Si	108.74	Si	111.39	Si	110.04	Si
16	101.78	Si	110.69	Si	114.87	Si	106.51	Si
17	102.17	Si	118.00	Si	110.13	Si	107.61	Si
18	108.68	Si	112.67	Si	109.41	Si	107.64	Si
19	108.57	Si	114.10	Si	114.30	Si	108.31	Si
20	106.88	Si	114.51	Si	117.69	Si	106.90	Si
21	95.39	Si	118.44	Si	112.18	Si	107.50	Si
22	99.39	Si	115.12	Si	115.27	Si	105.76	Si
23	101.39	Si	110.07	Si	111.83	Si	108.20	Si
24	103.60	Si	108.29	Si	112.96	Si	108.54	Si
25	96.16	Si	116.68	Si	111.46	Si	105.26	Si
26	104.51	Si	117.93	Si	115.36	Si	106.37	Si
27	104.58	Si	117.51	Si	109.21	Si	104.09	Si
28	98.58	Si	110.78	Si	112.81	Si	107.67	Si
29	101.11	Si	118.95	Si	112.51	Si	106.42	Si
30	95.19	Si	116.59	Si	112.68	Si	107.71	Si

Fuente: Elaboración Propia.

- En la tabla por el criterio de Chauvenet se puede verificar que todos los datos son válidos.

3.5.4.6. Verificación de datos del ensayo resistencia al cizallamiento paralelo al grano

Verificación de Prueba

- La validación de los datos se llevó a cabo mediante el uso de la herramienta estadística conocida como el criterio de Chauvenet, se tiene la siguiente tabla del proceso de datos estadísticos para el criterio:

Tabla N°84. Datos de criterio de Chauvenet r. al cizallamiento perpendicular al grano.

Datos Estadísticos	Estado Natural	Parafina	Cera de Abeja	Aceite de Cocina Usado
Media de la Muestra	51.228	97.302	94.141	45.597
Desviación Estandar	4.425	9.325	12.256	4.936
Coefficiente de Variación	8.637	9.584	13.029	10.826
Varianza de la Muestra	20.253	89.956	155.628	25.207
Desviación típica	4.500	9.485	12.475	5.021

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°85. Criterio de Chauvenet para el ensayo resistencia al cizallamiento paralelo al grano.

RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO PARALELO AL GRANO								
N° Muestras	Estado Natural	Valido	Parafina	Valido	Cera de Abeja	Valido	Aceite de Cocina Usado	Valido
1	56.74	Si	92.22	Si	98.30	Si	44.78	Si
2	55.23	Si	95.61	Si	98.37	Si	41.96	Si
3	45.96	Si	87.16	Si	91.25	Si	61.35	No
4	48.37	Si	95.17	Si	108.75	Si	40.19	Si
5	45.06	Si	103.27	Si	97.55	Si	44.65	Si
6	56.48	Si	89.14	Si	117.87	Si	38.51	Si
7	49.74	Si	89.09	Si	67.83	Si	49.80	Si
8	54.17	Si	87.28	Si	88.96	Si	45.10	Si
9	53.57	Si	111.10	Si	88.70	Si	45.12	Si
10	56.30	Si	100.61	Si	88.27	Si	49.72	Si
11	48.27	Si	111.39	Si	90.00	Si	39.12	Si
12	59.19	Si	86.92	Si	93.33	Si	47.80	Si
13	45.66	Si	83.00	Si	84.17	Si	39.90	Si
14	58.21	Si	95.00	Si	93.39	Si	48.78	Si
15	56.74	Si	90.86	Si	103.74	Si	38.23	Si
16	46.59	Si	90.74	Si	82.13	Si	49.80	Si
17	50.71	Si	96.96	Si	87.08	Si	49.12	Si
18	48.34	Si	109.80	Si	103.33	Si	48.24	Si
19	49.91	Si	91.76	Si	60.82	Si	40.69	Si
20	45.53	Si	101.84	Si	109.60	Si	46.65	Si
21	51.33	Si	94.87	Si	93.61	Si	47.88	Si
22	47.31	Si	94.41	Si	100.87	Si	51.27	Si
23	47.27	Si	97.92	Si	111.02	Si	42.12	Si
24	54.04	Si	84.98	Si	118.06	Si	39.68	Si
25	45.94	Si	119.92	Si	93.62	Si	48.53	Si
26	55.31	Si	110.41	Si	90.61	Si	49.48	Si
27	52.89	Si	88.96	Si	95.83	Si	41.39	Si
28	57.10	Si	105.45	Si	89.17	Si	47.92	Si
29	48.13	Si	102.49	Si	83.33	Si	42.29	Si
30	46.73	Si	110.72	Si	94.69	Si	47.88	Si

Fuente: Elaboración Propia.

- Todos los datos se pudieron verificarse de acuerdo al criterio de Chauvenet, en la muestra tres, tratada con aceite de cocina usado se identifica que no valida.

3.5.4.7. Verificación de datos de datos del ensayo de resistencia a la flexión estática

Verificación de Prueba

- Para la validación de los datos del análisis de prueba se utilizó el criterio de Chauvenet, una herramienta estadística utilizada en el método para evaluar los resultados válidos y no válidos, se tiene la siguiente tabla del proceso de datos estadísticos para el criterio:

Tabla N°86. Datos de criterio de chauvenet de resistencia a la flexión estática.

Datos Estadísticos	Estado Natural	Parafina	Cera de Abeja	Aceite de Cocina Usado
Media de la Muestra	780.597	970.925	987.758	783.388
Desviacion Estandar	53.553	76.917	111.513	71.831
Coefficiente de Variacion	6.861	7.922	11.290	9.169
Varianza de la Muestra	2966.848	6120.184	12864.051	5337.653
Desviacion típica	54.469	78.232	113.420	73.059

Fuente: Elaboración Propia.



Tabla N°87. Criterio de Chauvenet para el ensayo de resistencia la flexión estática.

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN ESTÁTICA								
N° Muestras	Estado Natural	Valido	Parafina	Valido	Cera de Abeja	Valido	Aceite de Cocina Usado	Valido
1	835.77	Si	860.41	Si	928.16	Si	861.31	Si
2	804.51	Si	1030.78	Si	877.62	Si	758.58	Si
3	682.09	Si	916.73	Si	907.23	Si	722.69	Si
4	711.70	Si	1002.49	Si	895.48	Si	715.90	Si
5	830.95	Si	951.02	Si	870.44	Si	834.26	Si
6	775.54	Si	862.88	Si	856.01	Si	854.65	Si
7	702.05	Si	982.43	Si	1012.85	Si	655.81	Si
8	840.03	Si	955.46	Si	866.17	Si	834.90	Si
9	763.98	Si	977.00	Si	941.04	Si	713.25	Si
10	757.19	Si	1056.97	Si	853.39	Si	751.46	Si
11	715.94	Si	1061.39	Si	945.69	Si	635.24	Si
12	761.14	Si	987.89	Si	1170.11	Si	838.79	Si
13	814.95	Si	853.93	Si	989.67	Si	849.49	Si
14	832.02	Si	956.70	Si	1010.74	Si	826.26	Si
15	853.18	Si	1032.73	Si	1149.88	Si	847.88	Si
16	781.79	Si	957.40	Si	966.41	Si	876.05	Si
17	834.30	Si	842.52	Si	1147.77	Si	786.74	Si
18	773.02	Si	1049.49	Si	956.83	Si	799.95	Si
19	819.61	Si	952.47	Si	860.56	Si	913.57	Si
20	866.34	Si	1127.60	Si	1068.82	Si	844.25	Si
21	730.77	Si	964.49	Si	879.67	Si	681.30	Si
22	815.81	Si	1024.30	Si	1198.89	Si	795.64	Si
23	690.28	Si	852.81	Si	1140.16	Si	775.38	Si
24	851.95	Si	1060.30	Si	1112.74	Si	802.05	Si
25	824.46	Si	1076.72	Si	929.80	Si	873.03	Si
26	725.71	Si	1022.85	Si	967.30	Si	707.59	Si
27	740.10	Si	915.05	Si	1202.75	Si	704.90	Si
28	704.93	Si	841.16	Si	1030.48	Si	699.98	Si
29	787.10	Si	1027.03	Si	1031.45	Si	724.53	Si
30	790.69	Si	924.74	Si	864.63	Si	816.21	Si

Fuente: Elaboración Propia.

- Basándose en el criterio de Chauvenet, es posible verificar en la tabla de validación de datos que todas las muestras se consideran validas en este experimento.

3.5.5. Prueba de hipótesis

La prueba de hipótesis se desarrolla por cada ensayo comparando cada una de las muestras tratadas con parafina, cera de abeja y aceite de cocina usado, cada una respecto a las muestras en estado natural. El criterio de t de Student se usa para comparar datos de un grupo de lecturas de los ensayos, el manual de (maderas del grupo andino, 1987) indica un valor de 5% el cual representa a toda la población.



3.5.5.1. Prueba de hipótesis de los datos del ensayo de contenido de humedad

Tabla N°88. Criterio de t de Student para el ensayo de contenido de humedad.

t STUDENT DE CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MADERA			
MUESTRAS	MPA	MCA	MACU
PRUEBA DE HIPOTESIS	$H_0: \mu d \leq 0$ $H_i: \mu d > 0$		
Promedio de la muestra (d)	-1.560	-1.967	-1.697
Desviación estándar (Sd)	2.423	2.151	2.477
Numero de muestras (n)	30.000	30.000	30.000
Estadístico de prueba (t)	-3.526	-5.008	-3.751
VALOR CRITICO			
Grados de libertad (n-1)	29.000	29.000	29.000
Nivel de significancia (α)	5%	5%	5%
Valor Crítico de t	1.699	1.699	1.699
DECISIÓN			
Decisión del ensayo	No se debe aceptar la hipótesis alterna	No se debe aceptar la hipótesis alterna	No se debe aceptar la hipótesis alterna
CONCLUSION			
Conclusion del ensayo	En el ensayo de contenido de humedad, las muestras de madera tratada con parafina es menor respecto a las muestras en estado natural. Se indica que la parafina tiene una mejora significativa en la madera eucaliptus glóbulos.	En el ensayo de contenido de humedad, las muestras de madera tratada con cera de abeja es menor respecto a las muestras en estado natural. Se indica que la cera de abeja tiene una mejora significativa en la madera eucaliptus glóbulos.	En el ensayo de contenido de humedad, las muestras de madera tratada con aceite de cocina es menor respecto a las muestras en estado natural. Se indica que el aceite de cocina tiene una mejora significativa en la madera eucaliptus glóbulos.

Fuente: Elaboración Propia.

En el ensayo de contenido de humedad:

- Las muestras de madera tratada con parafina son menores respecto a las muestras en estado natural. Se indica que la parafina tiene una mejora significativa en la madera eucaliptus glóbulos.
- Las muestras de madera tratada con cera de abeja son menores respecto a las muestras en estado natural. Se indica que la cera de abeja tiene una mejora significativa en la madera eucaliptus glóbulos
- Las muestras de madera tratada con aceite de cocina son menores respecto a las muestras en estado natural. Se indica que el aceite de cocina usado tiene una mejora significativa en la madera eucaliptus glóbulos.



3.5.5.2. Prueba de hipótesis de los datos del ensayo de densidad básica de la madera

Tabla N°89. Criterio de t de Student para el ensayo de densidad básica de la madera.

t STUDENT DE DENSIDAD BASICA DE LA MADERA			
MUESTRAS	MPA	MCA	MACU
PRUEBA DE HIPOTESIS	$H_0: \mu d \leq 0$ $H_1: \mu d > 0$		
Promedio de la muestra (d)	0.072	0.072	0.083
Desviacion estandar (Sd)	0.018	0.015	0.017
Numero de muestras (n)	30.000	30.000	30.000
Estadístico de prueba (t)	21.282	26.307	27.434
VALOR CRITICO			
Grados de libertad (n-1)	29.000	29.000	29.000
Nivel de significancia (α)	5%	5%	5%
Valor Critico de t	1.699	1.699	1.699
DECISIÓN			
Decisión del ensayo	No se debe aceptar la hipótesis nula	No se debe aceptar la hipótesis nula	No se debe aceptar la hipótesis nula
CONCLUSION			
Conclusion del ensayo	En el ensayo de densidad básica, las muestras de madera tratada con parafina es mayor respecto a las muestras en estado natural. Se indica que la parafina tiene una mejora significativa en la madera eucaliptus globulos.	En el ensayo de densidad básica, las muestras de madera tratada con cera de abeja es mayor respecto a las muestras en estado natural. Se indica que la cera de abeja tiene una mejora significativa en la madera eucaliptus globulos.	En el ensayo de densidad básica, las muestras de madera tratada con aceite de cocina es mayor respecto a las muestras en estado natural. Se indica que el aceite de cocina tiene una mejora significativa en la madera eucaliptus globulos.

Fuente: Elaboración Propia.

En el ensayo de densidad básica:

- Las muestras de madera tratada con parafina son mayores respecto a las muestras en estado natural. Se indica que la parafina tiene una mejora significativa en la madera eucaliptus glóbulos.
- Las muestras de madera tratada con cera de abeja son mayores respecto a las muestras en estado natural. Se indica que la cera de abeja tiene una mejora significativa en la madera eucaliptus glóbulos.
- Las muestras de madera tratada con aceite de cocina son mayores respecto a las muestras en estado natural. Se indica que el aceite de cocina usado tiene una mejora significativa en la madera eucaliptus glóbulos.



3.5.5.3. Prueba de hipótesis de los datos del ensayo de dureza por el método de Brinell

Tabla N°90. Criterio de t de Student para el ensayo de dureza por el método Brinell.

t STUDENT DE DUREZA POR EL METODO BRINELL			
MUESTRAS	MPA	MCA	MACU
PRUEBA DE HIPOTESIS	$H_0: \mu d \leq 0$ $H_i: \mu d > 0$		
Promedio de la muestra (d)	5.617	4.584	0.169
Desviación estándar (Sd)	0.535	0.478	0.506
Numero de muestras (n)	30.000	30.000	30.000
Estadístico de prueba (t)	57.474	52.482	1.831
VALOR CRITICO			
Grados de libertad (n-1)	29.000	29.000	29.000
Nivel de significancia (α)	5%	5%	5%
Valor Crítico de t	1.699	1.699	1.699
DECISIÓN			
Decisión del ensayo	No se debe aceptar la hipótesis nula	No se debe aceptar la hipótesis nula	No se debe aceptar la hipótesis nula
CONCLUSION			
Conclusion del ensayo	En el ensayo de dureza por el método Brinell, las muestras de madera tratada con parafina es mayor respecto a las muestras en estado natural. Se indica que la parafina tiene una mejora significativa en la madera eucaliptus glóbulos.	En el ensayo de dureza por el método Brinell, las muestras de madera tratada con cera de abeja es mayor respecto a las muestras en estado natural. Se indica que la cera de abeja tiene una mejora significativa en la madera eucaliptus glóbulos.	En el ensayo de dureza por el método Brinell, las muestras de madera tratada con aceite de cocina es mayor respecto a las muestras en estado natural. Se indica que el aceite de cocina tiene una mejora significativa en la madera eucaliptus glóbulos.

Fuente: Elaboración Propia.

En el ensayo de dureza por el método Brinell:

- Las muestras de madera tratada con parafina son mayores respecto a las muestras en estado natural. Se indica que la parafina tiene una mejora significativa en la madera eucaliptus glóbulos.
- Las muestras de madera tratada con cera de abeja son mayores respecto a las muestras en estado natural. Se indica que la cera de abeja tiene una mejora significativa en la madera eucaliptus glóbulos.
- Las muestras de madera tratada con aceite de cocina son mayores respecto a las muestras en estado natural. Se indica que el aceite de cocina usado presenta una mejora en la madera eucaliptus glóbulos.



3.5.5.4. Prueba de hipótesis de los datos del ensayo de resistencia a la compresión paralela al grano

Tabla N°91. Criterio de t de Student para el ensayo de resistencia a la compresión paralela al grano.

t STUDENT DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARALELO AL GRANO			
MUESTRAS	MPA	MCA	MACU
PRUEBA DE HIPOTESIS	$H_0: \mu d \leq 0$ $H_i: \mu d > 0$		
Promedio de la muestra (d)	11.330	8.636	2.393
Desviación estándar (Sd)	14.654	14.583	14.565
Numero de muestras (n)	30.000	30.000	30.000
Estadístico de prueba (t)	4.235	3.244	0.900
VALOR CRITICO			
Grados de libertad (n-1)	29.000	29.000	29.000
Nivel de significancia (α)	5%	5%	5%
Valor Crítico de t	1.699	1.699	1.699
DECISIÓN			
Decisión del ensayo	No se debe aceptar la hipótesis nula	No se debe aceptar la hipótesis nula	No se debe aceptar la hipótesis alterna
CONCLUSION			
Conclusion del ensayo	En el ensayo de resistencia a la compresión paralela al grano, las muestras de madera tratada con parafina es mayor respecto a las muestras en estado natural. Se indica que la parafina tiene una mejora significativa en la madera eucaliptus glóbulos.	En el ensayo de resistencia a la compresión paralela al grano, las muestras de madera tratada con cera de abeja es mayor respecto a las muestras en estado natural. Se indica que la cera de abeja tiene una mejora significativa en la madera eucaliptus glóbulos.	En el ensayo de resistencia a la compresión paralela al grano, las muestras de madera tratada con aceite de cocina es menor o igual respecto a las muestras en estado natural. Se indica que el aceite de cocina tiene una mejora baja en la madera eucaliptus glóbulos.

Fuente: Elaboración Propia.

En el ensayo de resistencia a la compresión paralela al grano:

- Las muestras de madera tratada con parafina son mayores respecto a las muestras en estado natural. Se indica que la parafina tiene una mejora significativa en la madera eucaliptus glóbulos.
- Las muestras de madera tratada con cera de abeja son mayores respecto a las muestras en estado natural. Se indica que la cera de abeja tiene una mejora significativa en la madera eucaliptus glóbulos.
- Las muestras de madera tratada con aceite de cocina son menores o igual respecto a las muestras en estado natural. Se indica que el aceite de cocina usado tiene una mejora baja en la madera eucaliptus glóbulos.



3.5.5. Prueba de hipótesis de los datos del ensayo de resistencia a la compresión perpendicular al grano

Tabla N°92. Criterio de t de Student para el ensayo de resistencia a la compresión perpendicular al grano.

t STUDENT DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO			
MUESTRAS	MPA	MCA	MACU
PRUEBA DE HIPOTESIS	$H_0: \mu d \leq 0$ $H_1: \mu d > 0$		
Promedio de la muestra (d)	10.905	10.101	4.466
Desviación estándar (Sd)	6.137	5.172	4.285
Numero de muestras (n)	30.000	30.000	30.000
Estadístico de prueba (t)	9.733	10.696	5.708
VALOR CRITICO			
Grados de libertad (n-1)	29.000	29.000	29.000
Nivel de significancia (α)	5%	5%	5%
Valor Crítico de t	1.699	1.699	1.699
DECISIÓN			
Decisión del ensayo	No se debe aceptar la hipótesis nula	No se debe aceptar la hipótesis nula	No se debe aceptar la hipótesis nula
CONCLUSIÓN			
Conclusión del ensayo	En el ensayo de resistencia a la compresión perpendicular al grano, las muestras de madera tratada con parafina es mayor respecto a las muestras en estado natural. Se indica que la parafina tiene una mejora significativa en la madera eucaliptus globulos.	En el ensayo de resistencia a la compresión perpendicular al grano, las muestras de madera tratada con cera de abeja es mayor respecto a las muestras en estado natural. Se indica que la cera de abeja tiene una mejora significativa en la madera eucaliptus globulos.	En el ensayo de resistencia a la compresión perpendicular al grano, las muestras de madera tratada con aceite de cocina es mayor respecto a las muestras en estado natural. Se indica que el aceite de cocina tiene una mejora significativa en la madera eucaliptus globulos.

Fuente: Elaboración Propia.

En el ensayo de resistencia a la compresión perpendicular al grano:

- Las muestras de madera tratada con parafina son mayores respecto a las muestras en estado natural. Se indica que la parafina tiene una mejora significativa en la madera eucaliptus glóbulos.
- Las muestras de madera tratada con cera de abeja son mayores respecto a las muestras en estado natural. Se indica que la cera de abeja tiene una mejora significativa en la madera eucaliptus glóbulos.
- Las muestras de madera tratada con aceite de cocina son mayores respecto a las muestras en estado natural. Se indica que el aceite de cocina usado tiene una mejora en la madera eucaliptus glóbulos.



3.5.5.6. Prueba de hipótesis de los datos del ensayo de resistencia al cizallamiento paralelo al grano

Tabla N°93. Criterio de t de Student para el ensayo de resistencia al cizallamiento paralelo al grano.

t STUDENT DE RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO PARALELO AL GRANO			
MUESTRAS	MPA	MCA	MACU
PRUEBA DE HIPOTESIS	$H_0: \mu d \leq 0$ $H_i: \mu d > 0$		
Promedio de la muestra (d)	46.074	42.914	-5.630
Desviacion estandar (Sd)	11.376	12.832	7.247
Numero de muestras (n)	30.000	30.000	30.000
Estadístico de prueba (t)	22.184	18.317	-4.255
VALOR CRITICO			
Grados de libertad (n-1)	29.000	29.000	29.000
Nivel de significancia (α)	5%	5%	5%
Valor Critico de t	1.699	1.699	1.699
DECISIÓN			
Decisión del ensayo	No se debe aceptar la hipótesis nula	No se debe aceptar la hipótesis nula	No se debe aceptar la hipótesis alterna
CONCLUSION			
Conclusion del ensayo	En el ensayo de resistencia al cizallamiento paralelo al grano, las muestras de madera tratada con parafina es mayor respecto a las muestras en estado natural. Se indica que la parafina tiene una mejora significativa en la madera eucaliptus glóbulos.	En el ensayo de resistencia al cizallamiento paralelo al grano, las muestras de madera tratada con cera de abeja es mayor respecto a las muestras en estado natural. Se indica que la cera de abeja tiene una mejora significativa en la madera eucaliptus glóbulos.	En el ensayo de resistencia al cizallamiento paralelo al grano, las muestras de madera tratada con aceite de cocina es menor o igual respecto a las muestras en estado natural. Se indica que el aceite de cocina tiene una mejora significativa en la madera eucaliptus glóbulos.

Fuente: Elaboración Propia.

En el ensayo de resistencia al cizallamiento paralelo al grano:

- Las muestras de madera tratada con parafina son mayores respecto a las muestras en estado natural. Se indica que la parafina tiene una mejora significativa en la madera eucaliptus glóbulos.
- Las muestras de madera tratada con cera de abeja son mayores respecto a las muestras en estado natural. Se indica que la cera de abeja tiene una mejora significativa en la madera eucaliptus glóbulos.
- Las muestras de madera tratada con aceite de cocina son menores o igual respecto a las muestras en estado natural. Se indica que el aceite de cocina usado no presenta una mejora en la madera eucaliptus glóbulos.



3.5.5.7. Prueba de hipótesis de los datos del ensayo de resistencia a la flexión estática

Tabla N°94. Criterio de t de Student para el ensayo de resistencia a la flexión estática.

t STUDENT DE RESISTENCIA A LA FLEXION ESTATICA			
MUESTRAS	MPA	MCA	MACU
PRUEBA DE HIPOTESIS	$H_0: \mu d \leq 0$ $H_1: \mu d > 0$		
Promedio de la muestra (d)	190.328	207.161	2.791
Desviación estandar (Sd)	85.451	121.787	49.593
Numero de muestras (n)	30.000	30.000	30.000
Estadístico de prueba (t)	12.200	9.317	0.308
VALOR CRITICO			
Grados de libertad (n-1)	29.000	29.000	29.000
Nivel de significancia (α)	5%	5%	5%
Valor Crítico de t	1.699	1.699	1.699
DECISIÓN			
Decisión del ensayo	No se debe aceptar la hipótesis nula	No se debe aceptar la hipótesis nula	No se debe aceptar la hipótesis alterna
CONCLUSIÓN			
Conclusión del ensayo	En el ensayo de resistencia a la flexión estática, las muestras de madera tratada con parafina es mayor respecto a las muestras en estado natural. Se indica que la parafina tiene una mejora significativa en la madera eucaliptus globulos.	En el ensayo de resistencia a la flexión estática, las muestras de madera tratada con cera de abeja es mayor respecto a las muestras en estado natural. Se indica que la cera de abeja tiene una mejora significativa en la madera eucaliptus globulos.	En el ensayo de resistencia a la flexión estática, las muestras de madera tratada con aceite de cocina es menor o igual respecto a las muestras en estado natural. Se indica que el aceite de cocina tiene una mejora significativa en la madera eucaliptus globulos.

Fuente: Elaboración Propia.

En el ensayo de resistencia a la flexión estática:

- Las muestras de madera tratada con parafina son mayores respecto a las muestras en estado natural. Se indica que la parafina tiene una mejora significativa en la madera eucaliptus glóbulos.
- Las muestras de madera tratada con cera de abeja son mayores respecto a las muestras en estado natural. Se indica que la cera de abeja tiene una mejora significativa en la madera eucaliptus glóbulos.
- Las muestras de madera tratada con aceite de cocina son menores o igual respecto a las muestras en estado natural. Se indica que el aceite de cocina usado tiene una mejora significativa en la madera eucaliptus glóbulos.



Capítulo IV: Resultados

4.1. Resultado de las muestras de madera en estado natural y tratada con parafina

Se realizó un análisis de las propiedades físicas y mecánicas de la madera eucaliptus glóbulos en estado natural y tratada con parafina. Se analizó cada dato y se seleccionó el valor más representativo para su comparación, los resultados indican lo siguiente:

Tabla N°95. Resultados de la madera en estado natural y la madera tratada con parafina.

Ensayos	Tipos de Muestra	
	Muestra en Estado Natural	Muestra tratada con Parafina
Contenido de Humedad (%)	19.80	17.60
Densidad Basica (gr/cm3)	0.057	0.137
Dureza por Metodo Brinell (kg/mm2)	4.75	10.69
R. Compresion Paralelo al Grano (kg/cm2)	334.69	353.19
R. Compresion Perpendicular al Grano (kg/cm2)	108.89	118.95
R. Cizallamiento Paralelo al Grano (kg/cm2)	59.19	119.92
R. Flexion Estatica (kg/cm2)	866.34	1127.60

Fuente: Elaboración Propia.

Figura N°61. Madera en estado natural y madera tratada con parafina.



Fuente: Elaboración Propia.

- En este resultado, la madera en estado natural y tratada con parafina se puede observar en la tabla N°94 y en la figura N°61. Las muestras de madera tratadas con este aditivo han elevado su resistencia significativa de la madera, en sus propiedades físicas y mecánicas.



4.2. Resultado de las muestras de madera en estado natural y tratada con cera de abeja

Se realizo un análisis de las propiedades físicas y mecánicas de la madera de Eucaliptus glóbulos en su estado natural y tratada con cera de abeja. Los datos se sometieron a una observación y se eligió el valor más representativo.

Tabla N°96. Resultados de la madera en estado natural y la madera tratada con cera de abeja.

Ensayos	Tipos de Muestra	
	Madera en Estado Natural	Madera tratada con Cera de Abeja
Contenido de Humedad (%)	19.80	16.60
Densidad Basica (gr/cm3)	0.06	0.137
Dureza por Metodo Brinell (kg/mm2)	4.75	9.50
R. Compresion Paralelo al Grano (kg/cm2)	334.69	349.34
R. Compresion Perpendicular al Grano (kg/cm2)	108.89	117.69
R. Cizallamiento Paralelo al Grano (kg/cm2)	59.19	118.06
R. Flexion Estatica (kg/cm2)	866.34	1202.75

Fuente: Elaboración Propia.

Figura N°62. Madera en estado natural y madera tratada con cera de abeja.



Fuente: Elaboración Propia.

- Se puede observar en la tabla N°95 y en la figura N°62 las muestras tratadas con cera de abeja mejoraron significativamente en sus propiedades físicas y mecánicas.



4.3. Resultado de las muestras de madera en estado natural y tratada con ACU

Se llevo a cabo un análisis para evaluar las propiedades físicas y mecánicas de la madera Eucaliptus Glóbulos en su estado natural y tratado con Aceite de Cocina Usado los datos se sometieron a un estudio, y se seleccionó el valor que representaba, el conjunto de datos a efectos de comparación, los resultados indican lo siguiente:

Tabla N°97. Resultados de la madera en estado natural y la madera tratada con aceite de cocina usado.

Ensayos	Tipos de Muestra	
	Madera en Estado Natural	Madera tratada con Aceite de Cocina Usado
Contenido de Humedad (%)	19.80	17.70
Densidad Basica (gr/cm3)	0.06	0.149
Dureza por Metodo Brinell (kg/mm2)	4.75	4.96
R. Compresion Paralelo al Grano (kg/cm2)	334.69	336.95
R. Compresion Perpendicular al Grano (kg/cm2)	108.89	110.04
R. Cizallamiento Paralelo al Grano (kg/cm2)	59.19	51.27
R. Flexion Estatica (kg/cm2)	866.34	913.57

Fuente: Elaboración Propia.

Figura N°63. Madera en estado natural y madera tratada con aceite de cocina usado.



Fuente: Elaboración Propia.

- En los resultados que se muestra en la tabla N°96 y en la figura N°63 las muestras tratadas con aceite de cocina usado no tuvieron una mejora significativa como lo esperado, los resultados no varían con respecto a las muestras sin tratar.



4.4. Resultado de las muestras de madera sin tratar y con tratamiento

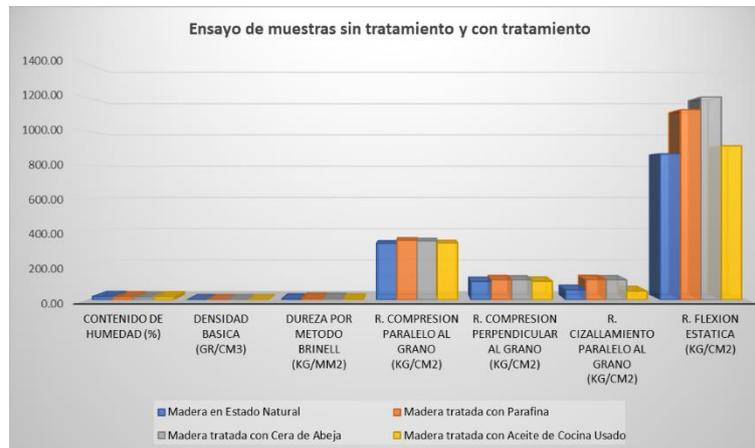
Se analizó como varían las propiedades físicas y mecánicas de la madera eucaliptus glóbulos en estado natural y tratadas con Parafina, Cera de abeja y Aceite de Cocina Usado. Se analizó cada dato de las muestras y se seleccionó para su comparación, los resultados indican:

Tabla N°98. Resultados de la madera en estado natural y la madera tratada.

Ensayos	Madera en Estado Natural	Madera tratada con Parafina	Madera tratada con Cera de Abeja	Madera tratada con Aceite de Cocina Usado
Contenido de Humedad (%)	19.80	17.60	16.60	17.70
Densidad Basica (gr/cm3)	0.057	0.137	0.137	0.149
Dureza por Metodo Brinell (kg/mm2)	4.75	10.69	9.50	4.96
R. Compresion Paralelo al Grano (kg/cm2)	334.69	353.19	349.34	336.95
R. Compresion Perpendicular al Grano (kg/cm2)	108.89	118.95	117.69	110.04
R. Cizallamiento Paralelo al Grano (kg/cm2)	59.19	119.92	118.06	51.27
R. Flexion Estatica (kg/cm2)	866.34	1127.60	1202.75	913.57

Fuente: Elaboración Propia.

Figura N°64. Muestras de madera sin tratar y con tratamiento.



Fuente: Elaboración Propia.

- El resultado se muestra en la tabla N°97 y en la Figura N°64, el análisis respectivo del resultado de las muestras con tratamiento y sin tratamiento, en cada ensayo se pudo verificar el aumento significativo con los aditivos, parafina y cera de abeja. Por otro lado, los resultados de las muestras tratadas con aceite de cocina usado tuvieron una mejora significativa baja con respecto a las muestras sin tratamiento.



Capítulo V: Discusión

5.1. Contraste de los resultados obtenidos respecto a los antecedentes

En contraste de la presente investigación respecto a la de (Ordoñez & Lugo, 2016) es en las propiedades mecánicas obtenidas con otros tipos de madera es su resistencia a los ensayos de compresión paralela y perpendicular a la fibra y ensayos de flexión en donde se comprobó en la aplicación de una señal sísmica de un sistema de entramado compuesto por marcos y paneles de pino radiata, su excepcional resistencia a las cargas horizontal y cortante, en la presente tesis se pudo comprobar en los ensayos mecánicos su mejora significativa con las muestras tratadas con parafina y cera de abeja respecto a las muestras en estado natural con objetivo para uso estructural del eucaliptus glóbulos.

El contraste de la investigación realizada por (Brayan & Jackeline, 2017) se centró en el tratamiento de la madera de Eucaliptus Glóbulos utilizando cola sintética y aceite quemado de automóvil, la inmersión de la madera en aceite de automotriz resulto ser el tratamiento más ventajoso, ya que dio lugar a una mejora significativa de las características mecánicas en comparación con el tratamiento con cola sintética blanca. En la presente tesis se examinaron diversos aditivos, entre ellos la parafina, cera de abeja y aceite de cocina usado. Todas las muestras se sometieron a una inmersión prolongada, lo que produjo notables mejoras en las propiedades físicas y mecánicas. Según los autores (Brayan & Jackeline, 2017), el resultado significativo más alto observado en la prueba de flexión estática fue de 1085.58 kg/cm² para una muestra tratada con aceite quemado automotriz. En el presente estudio de investigación, la propiedad mecánica que presenta el valor más representativo en el ensayo de resistencia a la flexión estática es la muestra que contiene cera de abejas, que su valor es de 1202.75 kg/cm². En este estudio en particular, se observó que la inclusión de cera de abejas como aditivo condujo a una mejora considerable.

El estudio realizado por (Brayan & Jackeline, 2017), revelan la falta de investigación existente sobre el tratamiento de la madera con fines estructurales. Normalmente, el tratamiento de la madera se lleva a cabo para protegerla de factores externos y por eso el uso de aditivos de cola sintética y aceite quemado de automotriz. El aceite quemado de automotriz se emplea con frecuencia, pero posee ciertos inconvenientes. Por ejemplo, altera las características físicas de la madera, lo que da lugar a un aspecto oscurecido. Para conseguir un acabado visualmente más agradable, se requiere un tratamiento adicional de la superficie. En cambio, en el presente estudio, el uso de la parafina, cera de abeja y aceite



de cocina usado no afecta al color de la madera, dándole un color natural y conservable. Y se identificaron estudios anteriores sobre el tratamiento de la madera. Es importante destacar que existen diversos tipos de aditivos disponibles en la actualidad, incluyendo tanto opciones industrializadas como naturales.

5.2. Interpretación de los resultados encontrados en la investigación

- En el presente estudio, en el ensayo de contenido de humedad, en las muestras en estado natural, se obtuvo 19.80% en cambio en las muestras tratada con parafina 17.60% con cera de abeja 16.60% y con aceite de cocina usado 17.70% estos resultados indican que las muestras de madera con aditivos presentaron un cambio positivo, al ser bajo el porcentaje de contenido de humedad la madera presenta beneficios en la resistencia y capacidad de soportar cargas, el peso de la madera es bajo y llega a ser trabajable, es menos propensa a los agentes biológicos, la madera es menos flexible y llega a ser más rígida para el uso estructural.
- El ensayo de densidad básica, los resultados en las muestras tratadas con parafina es 0.137gr/cm³ y con cera de abeja es 0.137 gr/cm³ en donde se obtuvo los resultados comparables por las propiedades similares de los aditivos. En las muestras de madera tratada con aceite cocina usado el resultado es 0.149 gr/cm³, en este ensayo se interpreta que los aditivos elevaron en su propiedad físicas en la madera Eucaliptus glóbulos, la densidad influye en las propiedades físicas y mecánicas de la madera dando lugar cuando la densidad se aumenta con el tratamiento de aditivos, las muestras de madera elevan su resistencia a compresión, tracción y flexión.
- En el ensayo de dureza por el método de Brinell se obtuvo los resultados de las muestras de madera en estado natural 4.75 kg/mm², tratada con parafina 10.69 kg/mm², tratada con cera de abeja 9.50 kg/mm² y con aceite de cocina usado 4.96 kg/mm², en este ensayo las muestras con parafina y cera de abeja son mayores a las muestras en estado natural, esto indica que tuvo una mejora significativa en cambio en las muestras con aceite de cocina usado, el resultado fue mínimo.
- En el ensayo de resistencia a compresión paralela al grano, en las muestras en estado natural se tiene 334.69 kg/cm², con parafina 353.19 kg/cm², con cera de abeja



349.34 kg/cm², y con aceite de cocina usado 336.95 kg/cm², lo que se puede interpretar que las muestras de madera tratada con parafina y cera de abeja aumentaron significativamente, para el uso estructural en columnas de madera y otros. Además, la capacidad de soportar el pandeo

- En el ensayo de resistencia a compresión perpendicular al grano, en las muestras en estado natural se tiene 108.89 kg/cm², con parafina 118.95 kg/cm², con cera de abeja 117.69 kg/cm², y con aceite de cocina usado 110.04 kg/cm², lo que se puede interpretar que las muestras de madera tratada con parafina y cera de abeja aumentaron significativamente, y las muestras con aceite de cocina usado su mejora no fue buena. En este ensayo se interpreta la capacidad de soportar el aplastamiento para el uso estructural en vigas, dinteles marcos de madera y otros.
- En el ensayo de resistencia a cizallamiento paralelo al grano, se pone a prueba para a esfuerzos de corte en donde las muestras en estado natural se tienen 59.19 kg/cm², con parafina 119.92 kg/cm², con cera de abeja 118.06 kg/cm², y con aceite de cocina usado 51.27 kg/cm², lo que se puede interpretar que las muestras de madera tratada con parafina y cera de abeja aumentaron significativamente, y con tratamiento de aceite de cocina usado no tuvo una mejora.
- En el ensayo de resistencia flexión estática, en donde se permite conocer el comportamiento frente a las cargas que producen la curvatura, se pone a prueba para a esfuerzos en donde las muestras en estado natural se tienen 866.34 kg/cm², con parafina 1127.60 kg/cm², con cera de abeja 1202.75 kg/cm², y con aceite de cocina usado 913.57 kg/cm², lo que se puede interpretar que las muestras de madera tratada con parafina y cera de abeja aumentaron significativamente y también las muestras con aceite de cocina usado, para uso estructural de la madera eucaliptus glóbulos.

5.3. Comentario de la demostración de la hipótesis

Comentario N°1. La demostración de la hipótesis, respecto al comportamiento de la propiedades físicas y mecánicas de la madera de tipo eucaliptus glóbulos en estado natural y la madera tratada con parafina a temperatura de 90°C para uso estructural dio lugar a una mejora significativa en todos los ensayos realizado en laboratorio, los



resultados mejoraron con respecto a la madera en estado natural. Se demuestra que la madera tratada con parafina si es óptimo para el uso estructural.

Comentario N°2. La demostración de la hipótesis, respecto al comportamiento de la propiedades físicas y mecánicas de la madera de tipo eucaliptus glóbulos en estado natural y la madera tratada con cera de abeja a temperatura de 80°C para uso estructural dio lugar a una mejora significativa en todos los ensayos realizado en laboratorio, superando en algunas muestras tratada con parafina dando lugar que los resultados mejoraron con respecto a la madera en estado natural. Se demuestra que la madera de este tipo tratada con cera de abeja es óptima para el uso estructural.

Comentario N°3. La demostración de la hipótesis, respecto al comportamiento de la propiedades físicas y mecánicas de la madera de tipo eucaliptus glóbulos en estado natural y la madera tratada con aceite de cocina usado para uso estructural dio lugar a una mejora no significativa como la parafina y la cera de abeja. En todos los ensayos excepto el cizallamiento paralelo al grano realizado en laboratorio, resultados con respecto a la madera en estado natural. Se demuestra la hipótesis que la madera de este tipo tratada con aceite de cocina usado no es muy óptima para el uso estructural.

5.4. Aporte de la investigación

El aporte de la investigación del análisis del comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas de la madera eucaliptus glóbulos tratada con parafina, cera de abeja y aceite de cocina usado para el uso estructural, de acuerdo a los resultados de los ensayos físicos y mecánicos da aporte para el uso estructural de las viviendas del distrito de Pisac con un coste bajo y accesible para las personas. A partir de la tabla N°98 de esfuerzos admisibles proporcionada por la norma técnica peruana E.010, se determina la clasificación en función del grupo al que pertenece, dando lugar a la mejora significativa de las muestras con tratamiento.



Calificación de las muestras con tratamiento:

Muestras de Eucalipto Glóbulos tratada con parafina:

- Resistencia a la Compresión Paralelo al Grano: 35319 kg/cm², grupo “A”.
- Resistencia a la Compresión Perpendicular al Grano: 118.95 kg/cm², grupo “A”.
- Resistencia a Cizallamiento Párelo al Grano: 119.92 kg/cm², grupo “A”.
- Resistencia a la Flexión Estática: 1127.60 kg/cm², grupo “A”.

Muestras de Eucalipto Glóbulos tratada con cera de abeja:

- Resistencia a la Compresión Paralelo al Grano: 346.34 kg/cm², grupo “A”.
- Resistencia a la Compresión Perpendicular al Grano: 117.69 kg/cm², grupo “A”.
- Resistencia a Cizallamiento Párelo al Grano: 118.06 kg/cm², grupo “A”.
- Resistencia a la Flexión Estática: 1202.75 kg/cm², grupo “A”.

Muestras de Eucalipto Glóbulos tratada con aceite de cocina usado:

- Resistencia a la Compresión Paralelo al Grano: 336.95 kg/cm², grupo “A”.
- Resistencia a la Compresión Perpendicular al Grano: 110.04 kg/cm², grupo “A”.
- Resistencia a Cizallamiento Párelo al Grano: 51.27 kg/cm², grupo “A”.
- Resistencia a la Flexión Estática: 913.57 kg/cm², grupo “A”.



Conclusiones

Conclusión N°1. La Hipótesis General que enuncia “El comportamiento de las propiedades físico-mecánicas de la madera de Eucaliptus Glóbulos tratada con una concentración de Parafina a Temperatura de 90°C, Cera de Abeja de 80°C y Aceite de Cocina Usado (ACU) tiene una mejora significativa para uso estructural” Según la tabla N°98 (pag.142) Las muestras de madera tratadas con parafina a temperatura de 90°C, cera de abeja de 80°C y aceite de cocina usado. En sus propiedades físicas y mecánicas presenta una mejora significativa, muestra valores idóneos en el ensayo de contenido de humedad, en el ensayo de densidad básica las muestras presentan resistencia al ingreso de los agentes biológicos y entre otros. En el ensayo de dureza de Brinell, se exhibe la capacidad de soportar cargas vivas y resistirlas eficazmente. En las propiedades mecánicas, los ensayos de resistencia a la compresión paralelo y perpendicular al grano, resistencia al cizallamiento paralelo al grano y resistencia a la flexión estática muestran que la madera Eucaliptus Glóbulos tratados con estos aditivos pueden utilizarse con fines estructurales.

Conclusión N°2. Se demostró la sub hipótesis 01, se indica a continuación “Las propiedades físico-mecánicas de la madera de eucaliptus glóbulos tratada con Parafina, concentración de aditivo a Temperatura de 90°C mejorará significativamente para uso Estructural” Según la tabla N°95 (pag.139) Las muestras de madera tratadas con parafina a temperatura de 90°C, presentan mejoras significativas en cuanto a sus propiedades físicas, en el ensayo de contenido de humedad, densidad básica y dureza por el método de Brinell. También en las propiedades mecánicas, en los ensayos de resistencia a la compresión paralelo y perpendicular al grano, al cizallamiento paralelo al grano y resistencia a la flexión estática. Se ha demostrado una mejora sustancial en comparación con la madera en estado natural.

Conclusión N°3. Se demostró la sub hipótesis 02, a continuación, se indica “Las propiedades físico-mecánicas de la madera de eucaliptus glóbulos tratada con Cera de Abeja, concentración de aditivo a Temperatura de 80°C mejorará significativamente para uso Estructural” Se analizaron las propiedades físicas y mecánicas de las muestras de madera, tratadas con cera de abeja a una temperatura de 80°C. en las propiedades físicas de contenido de humedad, densidad básica y dureza de Brinell mostraron valores relevantes como se puede visualizar en la tabla N°96 (pag.140) al igual que las propiedades mecánicas en la resistencia a la compresión paralela y perpendicular a la grano, al



cizallamiento y a la flexión estática. Los resultados indicaron que las muestras tratadas con cera de abejas exhibieron valores significativos, en comparación con las muestras no tratadas. podemos concluir que la cera de abeja es idónea para la madera Eucaliptus glóbulos para aplicaciones estructurales.

Conclusión N°4. Se demostró la sub hipótesis 03, que indica “Las propiedades físico-mecánicas de la madera de eucaliptus glóbulos tratada con Aceite de Cocina Usado (ACU) Concentración de aditivo, mejorará significativamente para uso Estructural” se analizó las muestras de madera tratadas con aceite de cocina usado, en tabla N°97 (pag.141) La incorporación de este aditivo dio lugar a mejoras en los ensayos de contenido de humedad, densidad básica y dureza por el método de Brinell. En las propiedades mecánicas, las muestras de madera con aceite de cocina usado, en los ensayos de resistencia a la compresión paralelo y perpendicular al grano y en el ensayo a la flexión estática, revelaron que las muestras tratadas con aceite de cocina usado presentan valores no muy significativos que sugieren no utilizar el aceite de cocina como tratamiento para la madera para uso estructural.



Sugerencias

Sugerencia N°1. Se recomienda utilizar la madera eucaliptus glóbulos tratada con parafina, para piezas estructurales como vigas, pilares, cerchas y dinteles para puertas y ventanas expuestas a cargas, ya que ha mostrado los resultados más favorables en los ensayos mecánicos de resistencia a compresión paralelo al grano (353.19 kg/cm²) y resistencia a compresión perpendicular al grano (118.95 kg/cm²), resistencia al cizallamiento paralelo al grano (119.92 kg/cm²) y resistencia a la flexión estática (1127.60 kg/cm²), ya que en estos ensayos ha mostrado los resultados más favorables respecto al estado natural de la madera. También se recomienda cera de abeja, para piezas estructurales como vigas, pilares, cerchas y dinteles para puertas y ventanas expuestas a cargas de resistencia a compresión paralelo al grano (349.34 kg/cm²) y resistencia a compresión perpendicular al grano (117.69 kg/cm²), resistencia al cizallamiento paralelo al grano (118.06 kg/cm²) y resistencia a la flexión estática (1202.75 kg/cm²).

Sugerencia N°2. Se recomienda el uso de la madera eucaliptus glóbulos tratada con parafina, cera de abeja y aceite de cocina usado, por sus propiedades físicas. Con parafina por su bajo porcentaje de contenido de humedad (17.60 %), su alta densidad básica (0.137 gr/cm³) y su dureza por el método de Brinell (10.69 kg/mm²). Con cera de abeja su bajo porcentaje de contenido de humedad (16.60 %), su alta densidad básica (0.137 gr/cm³) y su dureza por el método de Brinell (9.50 kg/mm²). Con aceite de cocina usado (ACU) su bajo porcentaje de contenido de humedad (17.70 %) y su alta densidad básica (0.149 gr/cm³) teniendo en consideración que las propiedades físicas involucran en la resistencia y durabilidad de la madera eucaliptus glóbulos para elementos estructurales como vigas, dinteles, pilares o columnas, cerchas y entablados.

Sugerencia N°3. Se recomienda el uso de madera eucaliptus glóbulos tratada con parafina y cera de abeja para la construcción de componentes estructurales en viviendas asequibles, teniendo en cuenta los factores y limitaciones pertinentes señalados en la Norma Técnica Peruana. También se recomienda el uso de aceite de cocina usado para componentes no estructurales, ya que es un aditivo que contribuye a la mitigación de la contaminación del agua.

Sugerencia N°4. Se recomienda realizar regularmente el mantenimiento de la madera de eucalipto glóbulos, teniendo en cuenta si los componentes de la madera son



internos o externos. En el caso de los componentes internos, el mantenimiento debe realizarse cada 12 a 18 meses utilizando la parafina y cera de abeja, mientras que el aceite de cocina usado debe aplicarse cada 10 a 12 meses. En el caso de los componentes externos, el mantenimiento debe realizarse cada 6 a 12 meses utilizando la parafina y cera de abeja, y cada 5 a 10 meses con aceite de cocina usado.

Sugerencia N°5. Se recomienda realizar más investigaciones de tratamiento de madera eucaliptus glóbulos para el uso estructural, ya que la madera se considera un material ideal y natural con propiedades físicas y mecánicas como la flexibilidad, bajo peso, aislamiento térmico y por qué resiste a los sismos y minimiza el volumen necesario de los cimientos. Con un tratamiento y aditivo respectivo incrementa sus características para usos estructurales.

Sugerencia N°6. Se recomienda utilizar la presente investigación como un valioso recurso para futuras investigaciones, relativas al tratamiento de maderas estructurales. Dado que en la presente investigación se proporciona una delineación completa y precisa del enfoque más eficiente y mejor para futuros estudios.



Referencias

- Alberto, F. J. T. (2020). *Características diferenciadoras de mieles y ceras de abeja del Norte y Centro de Mozambique* (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).
- Balmelli, G., & Forestal, A. P. (1995). Ensayos de orígenes de Eucalyptus globulus. *Serie técnica*, (68).<http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219240807134928.pdf>
- Camarena Tello, J. C. (2009). Caracterización físico-mecánica de la madera de Acrocarpus fraxinifolius.http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/7876
- Campos Barreton, M. F. (2021). *Anatomía y propiedades físico mecánicas de Polylepis sp.* En plantaciones de ladera.<https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/6920>
- Cartagena, J. d. (2008). Manual de diseño para maderas del grupo andino. Cartagena: Padt-Refort.
- Cruz de León, J. (2010). *Manual para la protección contra el deterioro de la madera*.<https://www.conafor.gob.mx/biblioteca/Proteccion-Madera.pdf>
- EcoInventos: green technology (2021) Remedios caseros ¿Qué hacer con el aceite de cocina usado?.<https://ecoinventos.com/que-hacer-aceite-cocina-usado/>
- Espejo, M. R. (2017). Estimación de la desviación estándar. Estadística española.
- Espinosa Stead, A. J., & Salazar Murillo, A. F. (2011). *Propiedades físico-mecánicas de uniones clavadas y empernadas, sometidas a comprensión, con madera tipo A, tipo B y tipo C: guayacán, eucalipto y fernansánchez; para el diseño estructural de la cubierta del Proyecto Casa Montúfar 623 (Fonsal)*.<https://www.bibliotecasdelecuador.com/Record/ir-:21000-3549/UserComments>
- Fritz, (2004), Manual de construcción viviendas en madera – Corporación, Chilena de la Madera, Cap. 1 y 2.
- Galaz Leigh, J. L., Mayorga, M., & Pérez, M. (2006). *Trabajando en la recuperación*.<https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/13710>
- Gil Vega, A. (2011). Protección de la madera.http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/7881
- González Canal, I., & González Ubierna, J. A. (2015). Aceites usados de cocina. *Problemática ambiental, incidencias en redes de saneamiento y coste del tratamiento en depuradoras*.<https://www.residusmunicipals.cat/uploads/activitats/docs/20170427092548.pdf>
- Hernández, R. B., & Salazar, J. A. H. (2005). *Composición química de la madera de cuatro especies del género Quercus*. Revista Mexicana de Ciencias Forestales.<http://cienciasforestales.inifap.gob.mx/index.php/forestales/article/view/853>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (1997). *Metodología de la Investigación*. Colombia: Panamericana Formas e Impresos S.A.<https://pdfcoffee.com/anatomia-de-la-madera-leon-amp-espinosa-de-pernia-2001-8-pdf-free.html>
- Hurtado, L. S., Fernández, F. M., & Pérez, M. S.(s/f) Estudio comparativo sobre los criterios de rechazo de errores atípicos.<https://roderic.uv.es/handle/10550/49626>
- Hurtado, M. J. R., & Silvente, V. B. (2012). Cómo aplicar las pruebas paramétricas bivariadas t de Student y ANOVA en SPSS. Caso práctico. *Reire*.



- INEI, censos. (2018) *Censos nacionales 2017. Perfil Sociodemográfico*.https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1539/libro.pdf
- J. D. Bermúdez (2002). Manual de la madera de Eucalipto Glóbulos. Madrid.<https://es.scribd.com/document/38685975/Manual-de-la-Madera-de-Eucalipto-Blanco>
- Jiménez, L. M. B. (2017). *Uso y experimentación de la parafina para la producción de velas artísticas* (Doctoral dissertation, Universidad de Cuenca).
- Keenan, F. J., & Tejada, M. (1987). *Maderas tropicales como material de construcción en los países del grupo andino de América del Sur*. CIID, Ottawa, ON, CA.<https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/2722>
- León, W., & Espinoza, N. (2001). Anatomía de la madera. Universidad de los Andes.
- Moreno, G. & Segienowicz, R. (2008). Impregnación de la madera de orígenes de implantados en. Quebracho-Revista de Ciencias Forestales,
- Norma Técnica Peruana E0.10 Madera (2020).<https://www.gob.pe/institucion/sencico/informes-publicaciones/887225-normas-del-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>
- Ordoñez García, P. K., & Lugo Chávez, Y. K. (2016). *Estructuras de madera aplicadas al sector de la construcción en el Perú*.<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6834>
- OSINFOR-Perú.<https://www.serfor.gob.pe/pdf/ENBCC%20-%20DOCUMENTO%20EN%20CONSULTA.pdf>
- Paz, K. (2007). Media aritmética simple. Boletín electrónico.<http://www.editorialkamar.com/et/archivo11.pdf>
- Pérez Porto, (2013) Parafina – Qué es, características, definición y concepto. Definicion.<https://definicion.de/parafina/>
- Pérez-Peña, N., Valenzuel, L., Díaz-vaz, J. E., & Ananías, R. A. (2011). Predicción del contenido de humedad de equilibrio de la madera *Maderas. Ciencia y tecnología*.https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-221X2011000300002&script=sci_arttext&tlng=en
- Piqué, J. (1984). *Manual de diseño para maderas del grupo andino*.<https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/items/f44878bd-4acd-4904-9b78-aed5312760ee>
- Rodríguez, F. J. V. (1997). *La madera como materia de expresión plástica estructural y tratamiento en escultura para interior y exterior* (Doctoral dissertation, Universidad de La Laguna).<https://dialnet.unirioja.es/servlet/dctes?codigo=691>
- Sánchez Carlessi, H., & Reyes Meza, C. (2006). *Metodología y diseños en investigación científica*. Lima – Perú: Edit. Visión Universitaria. pp.222.
- Sánchez Turcios, R. A. (2015). t-Student: Usos. *Revista mexicana de cardiología*.https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0188-21982015000100009
- Schueftan, A, & Gallardo Lara, C. (2021). Incentivos para impulsar la construcción en madera en Chile.<https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/31354>
- Suárez Ibujés, M. O. (2011). Dispersión relativa o coeficiente de variación.<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/770>
- Terrádez, M., & Juan, A. A. (2003). Análisis de la varianza (ANOVA). Catalunya: Universidad Oberta de



Catalunya.<https://scholar.googleusercontent.com/>

Valencia Pezo, J. D., & Sánchez Quispe, B. (2017). *Evaluación comparativa de los efectos que produce el aceite quemado automotriz y cola sintética blanca en las propiedades físico mecánicas de la madera eucalipto globulus con contenido de humedad seco procedente de la zona de Paucartambo-Cusco aplicada por inmersión prolongada para uso estructural*.<https://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/1246>

Viña Rodríguez, F. J. (1997). *La madera como materia de expresión plástica. Análisis estructural y tratamiento en escultura para interior y exterior*.<https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/9882>

Vit, P. (2005). Productos de la colmena secretados por las abejas: Cera de abejas, jalea real y veneno de abejas. *Revista del Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel*.http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0798-04772005000100006&script=sci_arttext

Voigt, A. R. A., Soffiatti, P., Tomazello Filho, M., Lisi, C. S., & Boeger, M. R. T. (2010). *Anatomia comparada do lenho de Caryocar brasiliense*.<https://www.scielo.br/j/rod/a/NrJbMqL8hw7QnSWyMhFmmrt/?lang=pt>

Zanni, E. (2004). *Patología de la madera*. Editorial Brujas.<https://books.google.es/> E Zanni



Apéndices

Matriz de consistencia:

 UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO <small>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</small> <small>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</small> 					
MATRIZ DE CONSISTENCIA					
ASESOR PRESENTADO POR : Msc. Ing. Bach. Ing. Robert Milton Merino Yépez Royer Elwer Mansilla Gomez		FECHA : 21/04/2023			
TÍTULO DE LA TESIS :		ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA EUCALIPTUS GLÓBULOS, TRATADA CON PARAFINA, CERA DE ABEJA Y ACEITE DE COCINA USADO (ACU) PARA USO ESTRUCTURAL- PISAC.			
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES Y SUB - VARIABLES	INDICADORES	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS
GENERAL	GENERAL	GENERAL	VARIABLES INDEPENDIENTES	PARA LAS VARIABLES INDEPENDIENTES	
¿Cuál será el comportamiento de las propiedades físico-mecánicas de la madera de eucaliptus glóbulos tratada con Parafina, Cera de Abeja y Aceite de Cocina Usado (ACU) Para uso estructural en Pisac?	Analizar cómo varían las propiedades físico-mecánicas de la madera de eucaliptus glóbulos tratada Parafina, Cera de Abeja y Aceite de Cocina Usado (ACU) Para uso estructural en Pisac	El Comportamiento de las propiedades físico-mecánicas de la madera de eucaliptus glóbulos tratada con una concentración de Parafina a Temperatura de 90°C , Cera de Abeja a Temperatura de 80°C y Aceite de Cocina Usado (ACU) tiene una mejora significativa para uso Estructural.	X1- Parafina	Concentración de aditivo de Parafina a Temperatura 90°C (mL)	Fichas de recolección de datos
			X2- Cera de Abeja	Concentración de aditivo de Cera de Abeja a Temperatura 80°C (mL)	
			X3- Aceite de Cocina Usado (ACU)	Concentración de aditivo de Aceite de Cocina Usado (mL)	
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	VARIABLES DEPENDIENTES	PARA LAS VARIABLES INDEPENDIENTES	
1.	1.	1.	Propiedades físicas	1. Contenido de Humedad (%)	Fichas de recolección de datos
¿Qué efecto tiene en las propiedades físico-mecánicas de la madera eucaliptus glóbulos con Parafina?	Analizar cómo varían las propiedades físico-mecánicas de la madera de eucaliptus glóbulos tratada con Parafina Para uso estructural en Pisac.	Las propiedades físico-mecánicas de la madera de eucaliptus glóbulos tratada con Parafina, concentración de aditivo a Temperatura de 90°C mejorará significativamente para uso Estructural.		2. Densidad (gr/cm3)	
				3. Dureza Brinell (kg/mm2)	
2.	2.	2.	Propiedades mecánicas	4. Resistencia a la compresión paralela al Grano (kg/cm2)	
¿Qué efecto tiene en las propiedades físico-mecánicas de la madera eucaliptus glóbulos con Cera de Abeja?	Analizar cómo varían las propiedades físico-mecánicas de la madera de eucaliptus glóbulos tratada con Cera de Abeja Para uso estructural en Pisac.	Las propiedades físico-mecánicas de la madera de eucaliptus glóbulos tratada con Cera de Abeja, concentración de aditivo a Temperatura de 80°C mejorará significativamente para uso Estructural.		5. Resistencia a la compresión perpendicular al Grano (kg/cm2)	
				6. Resistencia al Cizallamiento Paralelo al Grano (kg/cm2)	
3.	3.	3.	7. Resistencia a la flexión estática (kg/cm2)		
¿Qué efecto tiene en las propiedades físico-mecánicas de la madera eucaliptus glóbulos con Aceite de Cocina Usado (ACU)?	Analizar cómo varían las propiedades físico-mecánicas de la madera de eucaliptus glóbulos tratada con Aceite de Cocina Usado (ACU) Para uso estructural en Pisac.	Las propiedades físico-mecánicas de la madera de eucaliptus glóbulos tratada con Aceite de Cocina Usado (ACU) Concentración de aditivo, mejorará significativamente para uso Estructural.			

Fuente: Elaboración propia.

Panel fotográfico:



-Designación y rotulación de las muestras de madera eucaliptus glóbulos, muestras en estado natural, con parafina, cera de abeja y aceite de cocina usado.



-Muestras de madera eucaliptus glóbulos tratada con parafina y cera de abeja.



-Proceso de tratamiento de muestras de madera eucaliptus glóbulos con aceite de cocina usado.



-Proceso de tratamiento de muestras de madera eucaliptus glóbulos con parafina, muestras de 2.5cm x 2.5cm x 41cm para el ensayo de resistencia a la flexión.



-Proceso de tratamiento de muestras de madera eucaliptus glóbulos con cera de abeja, en el patio del laboratorio.



-Muestras de madera eucaliptus glóbulos en estado natural.



-Muestras de madera eucaliptus glóbulos tratada con parafina.



-Muestras de madera eucaliptus glóbulos tratada con cera de abeja.



-Muestras de madera eucaliptus glóbulos tratada con aceite de cocina usado (ACU).



-Presentación de muestras de madera eucaliptus en estado natural y muestras con los aditivos



-Ensayo de resistencia a la compresión paralela al grano de las muestras tratadas con parafina.



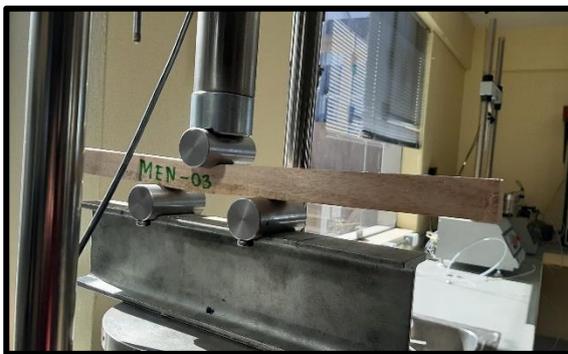
-Ensayo de dureza por el método de Brinell, para las muestras en estado natural.



-Lectura de la huella de la billa del ensayo de dureza por el método de Brinell en las muestras tratadas con



-Muestras de madera en estado natural con fisuras después del ensayo de resistencia a la compresión paralelo al grano



-Proceso del ensayo de resistencia a la flexión estática, en las muestras en estado natural.



-Proceso del ensayo de resistencia al cizallamiento paralelo al grano en las muestras con tratamiento.



Tablas del proceso de criterio de Chauvenet:

- Proceso de criterio de Chauvenet de las propiedades físicas de las muestras c/s tratamiento.

Contenido de humedad:

CON CERA DE ABEJA				
N° M	Lecturas	s²2	Z score	Valido
1	13.2	174.24	-0.438	Si
2	12.2	148.84	-1.003	Si
3	13	169	-0.551	Si
4	10.7	114.49	-1.852	Si
5	15.7	246.49	0.977	Si
6	14.3	204.49	0.185	Si
7	14.8	219.04	0.468	Si
8	15.3	234.09	0.751	Si
9	13.7	187.69	-0.155	Si
10	12.7	161.29	-0.720	Si
11	15.3	234.09	0.751	Si
12	14.8	219.04	0.468	Si
13	10.8	116.64	-1.795	Si
14	16.6	275.56	1.486	Si
15	16	256	1.147	Si
16	15.6	243.36	0.920	Si
17	14.7	216.09	0.411	Si
18	15.2	231.04	0.694	Si
19	11.3	127.69	-1.512	Si
20	13.2	174.24	-0.438	Si
21	11.4	129.96	-1.456	Si
22	10.7	114.49	-1.852	Si
23	13.3	176.89	-0.381	Si
24	15.4	237.16	0.807	Si
25	16.1	259.21	1.203	Si
26	14.6	213.16	0.355	Si
27	16.1	259.21	1.203	Si
28	13	169	-0.551	Si
29	15.3	234.09	0.751	Si
30	14.2	201.64	0.128	Si

Medio de la Muestra	Suma de Lec.	Suma de s²2
Mm 13.973	419.2	5948.22
Desviacion Estandar	N 30	
De 1.738	1/N-1 0.034	
Coefficiente de Variacion		
Cv 12.437		
Varianza de la Muestra		
s²2 3.124		
Desviacion tipica		
s 1.768		

EN ESTADO NATURAL				
N° M	Lecturas	s²2	Z score	Valido
1	14.5	210.25	-0.885	Si
2	14.1	198.81	-1.131	Si
3	15.9	252.81	-0.025	Si
4	13.8	190.44	-1.316	Si
5	13.7	187.69	-1.377	Si
6	16.1	259.21	0.098	Si
7	14.5	210.25	-0.885	Si
8	14.5	210.25	-0.885	Si
9	16.1	259.21	0.098	Si
10	17.8	316.84	1.143	Si
11	17.2	295.84	0.775	Si
12	15.2	231.04	-0.455	Si
13	15.4	237.16	-0.332	Si
14	14.2	201.64	-1.070	Si
15	15.1	228.01	-0.516	Si
16	17.1	292.41	0.713	Si
17	16.8	282.24	0.529	Si
18	19.8	392.04	2.373	Si
19	16.1	259.21	0.098	Si
20	16.5	272.25	0.344	Si
21	17.1	292.41	0.713	Si
22	14.8	219.04	-0.701	Si
23	13.6	184.96	-1.439	Si
24	14.4	207.36	-0.947	Si
25	19.4	376.36	2.127	Si
26	17.7	313.29	1.082	Si
27	17.4	302.76	0.898	Si
28	16.1	259.21	0.098	Si
29	15.7	246.49	-0.148	Si
30	17.6	309.76	1.021	Si

Medio de la Muestra	Suma de Lec.	Suma de s²2
Mm 15.940	478.2	7699.24
Desviacion Estandar	N 30	
De 1.599	1/N-1 0.034	
Coefficiente de Variacion		
Cv 10.033		
Varianza de la Muestra		
s²2 2.646		
Desviacion tipica		
s 1.627		

CON ACEITE DE COCINA USADO				
N° M	Lecturas	s²2	Z score	Valido
1	16.2	262.44	1.173	Si
2	12.1	146.41	-1.285	Si
3	13.8	190.44	-0.266	Si
4	15.7	246.49	0.873	Si
5	15.2	231.04	0.574	Si
6	17.2	295.84	1.773	Si
7	15.3	234.09	0.753	Si
8	12.8	163.84	-0.865	Si
9	15.1	228.01	0.514	Si
10	13.9	193.21	-0.206	Si
11	12.1	146.41	-1.285	Si
12	12.7	161.29	-0.925	Si
13	12.2	148.84	-1.225	Si
14	12.9	166.41	-0.805	Si
15	17.2	295.84	1.773	Si
16	12.1	146.41	-1.285	Si
17	13.6	184.96	-0.386	Si
18	14.3	204.49	0.034	Si
19	14.3	204.49	0.034	Si
20	12.8	163.84	-0.865	Si
21	14.7	216.09	0.274	Si
22	12.1	146.41	-1.285	Si
23	14.9	222.01	0.394	Si
24	17.7	313.29	2.072	Si
25	14.7	216.09	0.274	Si
26	14.6	213.16	0.214	Si
27	12.4	153.76	-1.105	Si
28	16.2	262.44	1.173	Si
29	13.1	171.61	-0.685	Si
30	15.2	231.04	0.574	Si

Medio de la Muestra	Suma de Lec.	Suma de s²2
Mm 14.243	427.3	6166.85
Desviacion Estandar	N 30	
De 1.640	1/N-1 0.034	
Coefficiente de Variacion		
Cv 11.513		
Varianza de la Muestra		
s²2 2.782		
Desviacion tipica		
s 1.668		

CON PARAFINA				
N° M	Lecturas	s²2	Z score	Valido
1	13.2	174.24	-0.540	Si
2	12.2	148.84	-0.999	Si
3	13	169	-0.632	Si
4	10.6	112.36	-1.731	Si
5	17	289	1.200	Si
6	17.2	295.84	1.292	Si
7	14.8	219.04	-0.192	Si
8	17.3	299.84	1.292	Si
9	12.7	161.29	-0.770	Si
10	13.5	182.25	-0.403	Si
11	15.3	234.09	0.421	Si
12	14.8	219.04	0.192	Si
13	10.7	114.49	-1.686	Si
14	17.1	292.41	1.246	Si
15	16	256	0.742	Si
16	15.6	243.36	0.559	Si
17	14.7	216.09	0.147	Si
18	15.2	231.04	0.376	Si
19	11.3	127.69	-1.411	Si
20	13.2	174.24	-0.540	Si
21	11.4	129.96	-1.365	Si
22	10.7	114.49	-1.686	Si
23	13.3	176.89	-0.489	Si
24	15.4	237.16	0.467	Si
25	16.1	259.21	0.788	Si
26	17.2	295.84	1.292	Si
27	16.1	259.21	0.788	Si
28	13	169	-0.632	Si
29	15.3	234.09	0.421	Si
30	17.6	309.76	1.475	Si

Medio de la Muestra	Suma de Lec.	Suma de s²2
Mm 14.380	431.4	6341.76
Desviacion Estandar	N 30	
De 2.142	1/N-1 0.034	
Coefficiente de Variacion		
Cv 14.927		
Varianza de la Muestra		
s²2 4.766		
Desviacion tipica		
s 2.183		

Fuente: Elaboración propia.



Densidad básica de la madera:

EN ESTADO NATURAL			
N° M	Lecturas	s ²	Z score Valido
1	0.054	0.002927218	0.803 Si
2	0.057	0.003237855	1.085 Si
3	0.045	0.002002584	-0.130 Si
4	0.045	0.002042836	-0.094 Si
5	0.044	0.001917357	-0.236 Si
6	0.056	0.003127987	0.987 Si
7	0.045	0.002042836	-0.094 Si
8	0.045	0.002002584	-0.139 Si
9	0.075	0.005606149	2.895 No
10	0.044	0.001955703	-0.192 Si
11	0.055	0.003055786	0.922 Si
12	0.056	0.00308642	0.949 Si
13	0.046	0.002113886	-0.015 Si
14	0.056	0.003191931	1.044 Si
15	0.044	0.001911075	-0.243 Si
16	0.055	0.003065946	0.931 Si
17	0.055	0.003025605	0.894 Si
18	0.045	0.001995211	-0.147 Si
19	0.022	0.000484997	-2.430 Si
20	0.033	0.001089218	-1.322 Si
21	0.033	0.001111111	-1.289 Si
22	0.045	0.002042836	-0.094 Si
23	0.034	0.00113769	-1.249 Si
24	0.043	0.00187342	-0.287 Si
25	0.033	0.00107498	-1.344 Si
26	0.044	0.001936813	-0.214 Si
27	0.044	0.001936813	-0.214 Si
28	0.043	0.001849925	-0.314 Si
29	0.043	0.001849925	-0.314 Si
30	0.045	0.002001912	-0.140 Si

Media de la Muestra	Suma de Lec.	Suma de s ²
Mm 0.046	1.38390343	0.066697715
Desviación Estandar	N	30
De 0.010	1/N-1	0.034
Coefficiente de Variación		
Cv 21.159		
Varianza de la Muestra		
s ² 0.000		
Desviación Estandar		
s 0.010		

CON PARAFINA			
N° M	Lecturas	s ²	Z score Valido
1	0.095	0.00895056	-1.652 Si
2	0.112	0.01263801	-0.375 Si
3	0.136	0.01838552	1.287 Si
4	0.136	0.01838552	1.287 Si
5	0.132	0.01743132	1.031 Si
6	0.132	0.01743132	1.031 Si
7	0.097	0.00936524	-1.497 Si
8	0.129	0.01664932	0.816 Si
9	0.109	0.01194422	-0.600 Si
10	0.131	0.01719968	0.968 Si
11	0.100	0.01	-1.266 Si
12	0.122	0.01493827	0.328 Si
13	0.122	0.01493827	0.328 Si
14	0.111	0.01234568	-0.469 Si
15	0.122	0.01493827	0.328 Si
16	0.124	0.01544895	0.476 Si
17	0.120	0.01445251	0.184 Si
18	0.137	0.01883614	1.405 Si
19	0.122	0.01479	0.284 Si
20	0.111	0.0122314	-0.509 Si
21	0.133	0.01760132	1.077 Si
22	0.134	0.01802325	1.190 Si
23	0.134	0.01802325	1.190 Si
24	0.100	0.00993499	-1.289 Si
25	0.110	0.01210242	-0.548 Si
26	0.101	0.01013808	-1.216 Si
27	0.112	0.01251615	-0.414 Si
28	0.102	0.01049068	-1.092 Si
29	0.096	0.00917578	-1.568 Si
30	0.108	0.0115938	-0.715 Si

Media de la Muestra	Suma de Lec.	Suma de s ²
Mm 0.118	3.52952848	0.42089167
Desviación Estandar	N	30
De 0.014	1/N-1	0.034
Coefficiente de Variación		
Cv 11.654		
Varianza de la Muestra		
s ² 0.000		
Desviación Estandar		
s 0.014		

CON CERA DE ABEJA			
N° M	Lecturas	s ²	Z score Valido
1	0.100	0.00993367	-1.346 Si
2	0.133	0.01777778	1.154 Si
3	0.098	0.00967482	-1.443 Si
4	0.124	0.015292	0.436 Si
5	0.100	0.01	-1.321 Si
6	0.133	0.0176622	1.121 Si
7	0.120	0.01445251	0.180 Si
8	0.111	0.01234568	-0.496 Si
9	0.128	0.01631249	0.737 Si
10	0.124	0.01544895	0.683 Si
11	0.113	0.01276772	-0.356 Si
12	0.097	0.00936524	-1.560 Si
13	0.111	0.0122314	-0.537 Si
14	0.121	0.01464393	0.239 Si
15	0.101	0.01013808	-1.270 Si
16	0.131	0.01719968	0.991 Si
17	0.132	0.01743132	1.057 Si
18	0.118	0.0140285	0.908 Si
19	0.100	0.01	-1.321 Si
20	0.111	0.0122314	-0.537 Si
21	0.132	0.01743132	1.057 Si
22	0.112	0.01251615	-0.439 Si
23	0.136	0.01838552	1.321 Si
24	0.108	0.01156203	-0.762 Si
25	0.101	0.01013808	-1.270 Si
26	0.122	0.01479	0.284 Si
27	0.137	0.01883614	1.444 Si
28	0.137	0.01883614	1.393 Si
29	0.133	0.01777778	1.154 Si
30	0.112	0.01251615	-0.439 Si

Media de la Muestra	Suma de Lec.	Suma de s ²
Mm 0.118	3.53381289	0.4215241
Desviación Estandar	N	30
De 0.013	1/N-1	0.034
Coefficiente de Variación		
Cv 11.244		
Varianza de la Muestra		
s ² 0.000		
Desviación Estandar		
s 0.013		

CON ACEITE DE COCINA USADO			
N° M	Lecturas	s ²	Z score Valido
1	0.133	0.01765985	0.255 Si
2	0.144	0.02072855	1.028 Si
3	0.133	0.01777778	0.286 Si
4	0.136	0.01838552	0.444 Si
5	0.129	0.01664932	-0.014 Si
6	0.118	0.01399006	-0.765 Si
7	0.110	0.01210508	-1.342 Si
8	0.132	0.01742749	0.194 Si
9	0.134	0.01719968	0.134 Si
10	0.122	0.01493827	-0.490 Si
11	0.138	0.01914453	0.637 Si
12	0.097	0.00939098	-2.257 Si
13	0.120	0.01445251	-0.630 Si
14	0.133	0.01777778	0.286 Si
15	0.144	0.0208642	1.062 Si
16	0.145	0.02115229	1.131 Si
17	0.146	0.02135824	1.181 Si
18	0.144	0.02065711	1.012 Si
19	0.123	0.01514454	-0.431 Si
20	0.137	0.0186501	0.512 Si
21	0.134	0.01802325	0.350 Si
22	0.100	0.00990075	-2.076 Si
23	0.142	0.02018573	0.897 Si
24	0.149	0.0221063	1.358 Si
25	0.102	0.01034186	-1.923 Si
26	0.112	0.01251615	-1.212 Si
27	0.143	0.02045759	0.963 Si
28	0.133	0.01777778	0.286 Si
29	0.122	0.01479	-0.532 Si
30	0.124	0.01544895	-0.345 Si

Media de la Muestra	Suma de Lec.	Suma de s ²
Mm 0.129	3.87706671	0.50700222
Desviación Estandar	N	30
De 0.014	1/N-1	0.034
Coefficiente de Variación		
Cv 10.895		
Varianza de la Muestra		
s ² 0.000		
Desviación Estandar		
s 0.014		

Fuente: Elaboración propia.



Dureza por el método de Brinell:

EN ESTADO NATURAL			
N° M	Lecturas	s ²	Z score Valido
1	4.02	16.16606991	-0.067 Si
2	4.55	20.72930957	1.612 Si
3	3.57	12.74049018	-1.491 Si
4	4.37	19.05645828	1.020 Si
5	4.55	20.72930957	1.612 Si
6	4.75	22.579447	2.239 Si
7	4.19	17.54112978	0.461 Si
8	4.02	16.16606991	-0.067 Si
9	4.37	19.05645828	1.020 Si
10	3.71	13.77820126	-1.042 Si
11	4.19	17.54112978	0.461 Si
12	3.71	13.77820126	-1.042 Si
13	4.19	17.54112978	0.461 Si
14	4.37	19.05645828	1.020 Si
15	3.71	13.77820126	-1.042 Si
16	4.02	16.16606991	-0.067 Si
17	4.37	19.05645828	1.020 Si
18	4.19	17.54112978	0.461 Si
19	3.71	13.77820126	-1.042 Si
20	3.71	13.77820126	-1.042 Si
21	3.86	14.91617703	-0.568 Si
22	3.86	14.91617703	-0.568 Si
23	3.71	13.77820126	-1.042 Si
24	3.86	14.91617703	-0.568 Si
25	3.71	13.77820126	-1.042 Si
26	3.86	14.91617703	-0.568 Si
27	3.71	13.77820126	-1.042 Si
28	4.37	19.05645828	1.020 Si
29	4.19	17.54112978	0.461 Si
30	3.86	14.91617703	-0.568 Si

Media de la Muestra	Suma de Lec.	Suma de s ²
Mm 4.042	121.263022	493.0712015
Desviacion Estandar	N	30
De 0.312	1/N-1	0.034
Coefficiente de Variacion	Cv	7.710
Varianza de la Muestra	s ²	0.100
Desviacion Estandar	s	0.317

CON PARAFINA			
N° M	Lecturas	s ²	Z score Valido
1	9.50	90.155139	-0.340 Si
2	10.07	101.305502	0.840 Si
3	10.07	101.305502	0.840 Si
4	8.97	80.4692719	-1.427 Si
5	9.50	90.155139	-0.340 Si
6	10.07	101.305502	0.840 Si
7	9.50	90.155139	-0.340 Si
8	8.97	80.4692719	-1.427 Si
9	10.07	101.305502	0.840 Si
10	8.97	80.4692719	-1.427 Si
11	10.07	101.305502	0.840 Si
12	8.97	80.4692719	-1.427 Si
13	10.07	101.305502	0.840 Si
14	9.50	90.155139	-0.340 Si
15	9.50	90.155139	-0.340 Si
16	8.97	80.4692719	-1.427 Si
17	10.07	101.305502	0.840 Si
18	10.69	114.192206	2.127 Si
19	10.07	101.305502	0.840 Si
20	10.07	101.305502	0.840 Si
21	8.97	80.4692719	-1.427 Si
22	9.50	90.155139	-0.340 Si
23	10.07	101.305502	0.840 Si
24	9.50	90.155139	-0.340 Si
25	10.07	101.305502	0.840 Si
26	9.50	90.155139	-0.340 Si
27	9.50	90.155139	-0.340 Si
28	10.07	101.305502	0.840 Si
29	8.97	80.4692719	-1.427 Si
30	10.07	101.305502	0.840 Si

Media de la Muestra	Suma de Lec.	Suma de s ²
Mm 9.659	289.78022	2805.84488
Desviacion Estandar	N	30
De 0.475	1/N-1	0.034
Coefficiente de Variacion	Cv	4.914
Varianza de la Muestra	s ²	0.233
Desviacion Estandar	s	0.483

CON CERA DE ABEJA			
N° M	Lecturas	s ²	Z score Valido
1	8.49	72.0243253	-0.339 Si
2	8.97	80.4692719	0.841 Si
3	8.97	80.4692719	0.841 Si
4	8.04	64.6354533	-1.429 Si
5	8.49	72.0243253	-0.339 Si
6	8.97	80.4692719	0.841 Si
7	8.49	72.0243253	-0.339 Si
8	8.04	64.6354533	-1.429 Si
9	8.97	80.4692719	0.841 Si
10	8.04	64.6354533	-1.429 Si
11	8.97	80.4692719	0.841 Si
12	8.04	64.6354533	-1.429 Si
13	8.97	80.4692719	0.841 Si
14	8.49	72.0243253	-0.339 Si
15	8.49	72.0243253	-0.339 Si
16	8.04	64.6354533	-1.429 Si
17	8.97	80.4692719	0.841 Si
18	9.50	90.155139	2.119 Si
19	8.97	80.4692719	0.841 Si
20	8.97	80.4692719	0.841 Si
21	8.04	64.6354533	-1.429 Si
22	8.49	72.0243253	-0.339 Si
23	8.97	80.4692719	0.841 Si
24	8.49	72.0243253	-0.339 Si
25	8.97	80.4692719	0.841 Si
26	8.49	72.0243253	-0.339 Si
27	8.49	72.0243253	-0.339 Si
28	8.97	80.4692719	0.841 Si
29	8.04	64.6354533	-1.429 Si
30	8.97	80.4692719	0.841 Si

Media de la Muestra	Suma de Lec.	Suma de s ²
Mm 8.626	258.768828	2236.92277
Desviacion Estandar	N	30
De 0.403	1/N-1	0.034
Coefficiente de Variacion	Cv	4.675
Varianza de la Muestra	s ²	0.168
Desviacion Estandar	s	0.410

CON ACEITE DE COCINA USADO			
N° M	Lecturas	s ²	Z score Valido
1	3.86	14.916177	-1.041 Si
2	3.86	14.916177	-1.041 Si
3	4.37	19.0564583	0.460 Si
4	4.02	16.1660699	-0.568 Si
5	3.86	14.916177	-1.041 Si
6	3.86	14.916177	-1.041 Si
7	4.75	22.579447	1.613 Si
8	3.86	14.916177	-1.041 Si
9	4.55	20.7293096	1.019 Si
10	4.19	17.5411298	-0.068 Si
11	3.86	14.916177	-1.041 Si
12	4.37	19.0564583	0.460 Si
13	4.02	16.1660699	-0.568 Si
14	4.55	20.7293096	1.019 Si
15	4.37	19.0564583	0.460 Si
16	4.02	16.1660699	-0.568 Si
17	3.86	14.916177	-1.041 Si
18	4.55	20.7293096	1.019 Si
19	3.86	14.916177	-1.041 Si
20	4.02	16.1660699	-0.568 Si
21	4.19	17.5411298	-0.068 Si
22	4.37	19.0564583	0.460 Si
23	4.55	20.7293096	1.019 Si
24	4.19	17.5411298	-0.068 Si
25	3.71	13.7782013	-1.489 Si
26	4.75	22.579447	1.613 Si
27	4.96	24.635675	2.242 Si
28	4.55	20.7293096	1.019 Si
29	4.37	19.0564583	0.460 Si
30	4.02	16.1660699	-0.568 Si

Media de la Muestra	Suma de Lec.	Suma de s ²
Mm 4.211	126.335202	535.278657
Desviacion Estandar	N	30
De 0.330	1/N-1	0.034
Coefficiente de Variacion	Cv	7.827
Varianza de la Muestra	s ²	0.112
Desviacion Estandar	s	0.335

Fuente: Elaboración propia.



Tablas del proceso de prueba de hipótesis de t Student

- Proceso del t Student de las propiedades físicas de las muestras c/s tratamiento.

Resistencia a la compresión paralelo al grano:

CON PARAFINA		CON CERA DE ABEJA		CON ACEITE DE COCINA USADO	
PRUEBA DE HIPOTESIS		PRUEBA DE HIPOTESIS		PRUEBA DE HIPOTESIS	
$H_0: \mu d \leq 0$ hipótesis nula		$H_0: \mu d \leq 0$ hipótesis nula		$H_0: \mu d \leq 0$ hipótesis nula	
$H_1: \mu d > 0$ hipótesis alterna		$H_1: \mu d > 0$ hipótesis alterna		$H_1: \mu d > 0$ hipótesis alterna	
demostrando que muestras tratadas con madera es mayor que las muestras sin tratar		demostrando que las muestras en estado natural es menor que las muestras tratadas		demostrando que las muestras en estado natural es menor que las muestras tratadas	
Estadístico de prueba (t)		Estadístico de prueba (t)		Estadístico de prueba	
$t = \frac{\bar{d}}{S_d/\sqrt{n}}$		$t = \frac{\bar{d}}{S_d/\sqrt{n}}$		$t = \frac{\bar{d}}{S_d/\sqrt{n}}$	
\bar{d}	promedio de la muestra	11.330	8.636	2.393	
S_d	desviación estándar	14.654	14.583	14.565	
n	numero muestras	30.000	30.000	30.000	
t	estadístico de prueba	4.235	3.244	0.900	
Valor crítico		Valor crítico		Valor crítico	
Gf	grados de libertad(n-1)	29.000	29.000	29.000	
α	nivel de significancia	0.050	0.050	0.050000	5%
$t_{(1-\alpha)(n-1)}$	t valor crítico	1.699127	1.69912703	1.699127	
p-valor	probabilidad t estd. Prba.	0.000105403546	0.00148433071	0.81217547	
Decisión		Decisión		Decisión	
No se debe aceptar la hipótesis nula		No se debe aceptar la hipótesis nula		No se debe aceptar la hipótesis alterna	
Conclusión		Conclusión		Conclusion	
La diferencia promedio de las muestras con tratadas con parafina es mayor que 0 respecto a la muestras en estado natural.		La diferencia promedio de las muestras con tratada con cera de abeja es mayor que 0 respecto a la muestras en estado natural.		la diferencia promedio de las muestras con tratada con aceite de cocina usado es menor o igual a 0 respecto a la muestras en estado natural	
En el ensayo de resistencia a la compresión paralela al grano, las muestras de madera tratada con parafina es mayor respecto a las muestras en estado natural. Se indica que la parafina tiene una mejora significativa en la madera eucalyptus globulos.		En el ensayo de resistencia a la compresión paralela al grano, las muestras de madera tratada con cera de abeja es mayor respecto a las muestras en estado natural. Se indica que la cera de abeja tiene una mejora significativa en la madera eucalyptus globulos.		En el ensayo de resistencia a la compresión paralela al grano, las muestras de madera tratada con aceite de cocina es menor o igual respecto a las muestras en estado natural. Se indica que el aceite de cocina tiene una mejora baja en la madera eucalyptus globulos.	

Fuente: Elaboración propia.



Resistencia a la compresión perpendicular al grano:

CON PARAFINA	
PRUEBA DE HIPOTESIS	
$H_0: \mu \leq 0$	hipotesis nula
$H_1: \mu > 0$	hipotesis alterna
demostrando que muestras tratadas con madera es mayor que las muestras sin tratar	
Estadístico de prueba (t)	
$t = \frac{\bar{d}}{S_d/\sqrt{n}}$	
\bar{d}	promedio de la muestra
S_d	desviación estándar
n	numero muestras
t	estadístico de prueba
	9.733
Valor crítico	
Gl	grados de libertad(n-1)
α	nivel de significancia
$t_{(1-\alpha), (n-1)}$	t valor crítico
	29.000
	0.050
	1.699127
	5%
p-valor	probabilidad t estd. Prba.
	0.00000000061
Decisión	
No se debe aceptar la hipótesis nula	
Conclusion	
La diferencia promedio de las muestras con tratadas con parafina es mayor que 0 respecto a las muestras en estado natural.	
En el ensayo de resistencia a la compresión perpendicular al grano, las muestras de madera tratada con parafina es mayor respecto a las muestras en estado natural. Se indica que la parafina tiene una mejora significativa en la madera eucalyptus globulos.	

CON CERA DE ABEJA	
PRUEBA DE HIPOTESIS	
$H_0: \mu \leq 0$	hipotesis nula
$H_1: \mu > 0$	hipotesis alterna
demostrando que las muestras en estado natural es menor que las muestras tratadas	
Estadístico de prueba (t)	
$t = \frac{\bar{d}}{S_d/\sqrt{n}}$	
\bar{d}	promedio de la muestra
S_d	desviación estándar
n	numero muestras
t	estadística de prueba
	10.696
Valor crítico	
Gl	grados de libertad(n-1)
α	nivel de significancia
$t_{(1-\alpha), (n-1)}$	t valor crítico
	29.000
	0.050
	1.69912703
	5%
p-valor	probabilidad t estd. Prba.
	0.00000000001
Decisión	
No se debe aceptar la hipótesis nula	
Conclusion	
La diferencia promedio de las muestras con tratada con cera de abeja es mayor que 0 respecto a las muestras en estado natural.	
En el ensayo de resistencia a la compresión perpendicular al grano, las muestras de madera tratada con cera de abeja es mayor respecto a las muestras en estado natural. Se indica que la cera de abeja tiene una mejora significativa en la madera eucalyptus globulos.	

CON ACEITE DE COCINA USADO	
PRUEBA DE HIPOTESIS	
$H_0: \mu \leq 0$	hipotesis nula
$H_1: \mu > 0$	hipotesis alterna
demostrando que las muestras en estado natural es menor que las muestras tratadas	
Estadístico de prueba	
$t = \frac{\bar{d}}{S_d/\sqrt{n}}$	
\bar{d}	promedio de la muestra
S_d	desviación estándar
n	numero muestras
t	estadística de prueba
	5.708
Valor crítico	
Gl	grados de libertad(n-1)
α	nivel de significancia
$t_{(1-\alpha), (n-1)}$	t valor crítico
	29.000
	0.050000
	1.699127
	5%
p-valor	probabilidad t estd. Prba.
	0.99999822
Decisión	
No se debe aceptar la hipótesis nula	
Conclusion	
La diferencia promedio de las muestras con tratada con aceite de cocina usado es mayor a 0 respecto a las muestras en estado natural.	
En el ensayo de resistencia a la compresión perpendicular al grano, las muestras de madera tratada con aceite de cocina es mayor respecto a las muestras en estado natural. Se indica que el aceite de cocina tiene una mejora significativa en la madera eucalyptus globulos.	

Fuente: Elaboración propia.



Resistencia al cizallamiento paralelo al grano:

CON PARAFINA

PRUEBA DE HIPOTESIS

$H_0: \mu d \leq 0$ hipótesis nula

$H_1: \mu d > 0$ hipótesis alterna

demonstrando que muestras tratadas con madera es mayor que las muestras sin tratar

Estadístico de prueba (t)

$$t = \frac{\bar{d}}{S_d/\sqrt{n}}$$

\bar{d}	promedio de la muestra	46.074
S_d	desviación estándar	11.376
n	numero muestras	30.000

t	estadístico de prueba	22.184
----------	-----------------------	---------------

Valor crítico

GI	grados de libertad(n-1)	29.000
α	nivel de significancia	0.050
$t_{(1-\alpha)(n-1)}$	t valor crítico	1.699127

p-valor

probabilidad t estd. Prba.	0.000000000000
----------------------------	----------------

Decisión

No se debe aceptar la hipótesis nula

Conclusion

La diferencia promedio de las muestras con tratadas con parafina es mayor que 0 respecto a las muestras en estado natural.

En el ensayo de resistencia al cizallamiento paralelo al grano, las muestras de madera tratada con parafina es mayor respecto a las muestras en estado natural. Se indica que la parafina tiene una mejora significativa en la madera eucaliptus globulos.

CON CERA DE ABEJA

PRUEBA DE HIPOTESIS

$H_0: \mu d \leq 0$ hipótesis nula

$H_1: \mu d > 0$ hipótesis alterna

demonstrando que las muestras en estado natural es menor que las muestras tratadas

Estadístico de prueba (t)

$$t = \frac{\bar{d}}{S_d/\sqrt{n}}$$

\bar{d}	promedio de la muestra	42.914
S_d	desviación estándar	12.832
n	numero muestras	30.000

t	estadística de prueba	18.317
----------	-----------------------	---------------

Valor crítico

GI	grados de libertad(n-1)	29.000
α	nivel de significancia	0.050
$t_{(1-\alpha)(n-1)}$	t valor crítico	1.69912703

p-valor

probabilidad t estd. Prba.	0.000000000000
----------------------------	----------------

Decisión

No se debe aceptar la hipótesis nula

Conclusion

La diferencia promedio de las muestras con tratada con cera de abeja es mayor que 0 respecto a las muestras en estado natural.

En el ensayo de resistencia al cizallamiento paralelo al grano, las muestras de madera tratada con cera de abeja es mayor respecto a las muestras en estado natural. Se indica que la cera de abeja tiene una mejora significativa en la madera eucaliptus globulos.

CON ACEITE DE COCINA USADO

PRUEBA DE HIPOTESIS

$H_0: \mu d \leq 0$ hipótesis nula

$H_1: \mu d > 0$ hipótesis alterna

demonstrando que las muestras en estado natural es menor que las muestras tratadas

Estadístico de prueba

$$t = \frac{\bar{d}}{S_d/\sqrt{n}}$$

\bar{d}	promedio de la muestra	-5.630
S_d	desviación estándar	7.247
n	numero muestras	30.000

t	estadística de prueba	-4.255
----------	-----------------------	---------------

Valor crítico

GI	grados de libertad(n-1)	29.000
α	nivel de significancia	0.050000
$t_{(1-\alpha)(n-1)}$	t valor crítico	1.699127

p-valor

probabilidad t estd. Prba.	0.00009962
----------------------------	------------

Decisión

No se debe aceptar la hipótesis alterna

Conclusion

La diferencia promedio de las muestras con tratada con aceite de cocina usado es menor o igual a 0 respecto a las muestras en estado natural.

En el ensayo de resistencia al cizallamiento paralelo al grano, las muestras de madera tratada con aceite de cocina es menor o igual respecto a las muestras en estado natural. Se indica que el aceite de cocina tiene una mejora significativa en la madera eucaliptus globulos.

Fuente: Elaboración propia.



Resistencia a la flexión estática:

CON PARAFINA

PRUEBA DE HIPOTESIS

$H_0: \mu d \leq 0$ hipótesis nula

$H_1: \mu d > 0$ hipótesis alterna

demostrando que muestras tratadas con madera es mayor que las muestras sin tratar

Estadístico de prueba (t)

$$t = \frac{\bar{d}}{S_d/\sqrt{n}}$$

\bar{d}	promedio de la muestra	190.328
S_d	desviación estándar	85.451
n	numero muestras	30.000

t	estadístico de prueba	12.200
----------	-----------------------	--------

Valor crítico

GI	grados de libertad(n-1)	29.000
α	nivel de significancia	0.050
$t_{(1-\alpha/2), (n-1)}$	t valor crítico	1.699127

p-valor: probabilidad t estd. Prba. 0.000000000000

Decisión

No se debe aceptar la hipótesis nula

Conclusion

La diferencia promedio de las muestras con tratadas con parafina es mayor que 0 respecto a las muestras en estado natural.

En el ensayo de resistencia a la flexion estatica, las muestras de madera tratada con parafina es mayor respecto a las muestras en estado natural. Se indica que la parafina tiene una mejora significativa en la madera eucaliptus globulos.

CON CERA DE ABEJA

PRUEBA DE HIPOTESIS

$H_0: \mu d \leq 0$ hipótesis nula

$H_1: \mu d > 0$ hipótesis alterna

demostrando que las muestras en estado natural es menor que las muestras tratadas

Estadístico de prueba (t)

$$t = \frac{\bar{d}}{S_d/\sqrt{n}}$$

\bar{d}	promedio de la muestra	207.161
S_d	desviación estándar	121.787
n	numero muestras	30.000

t	estadística de prueba	9.317
----------	-----------------------	-------

Valor crítico

GI	grados de libertad(n-1)	29.000
α	nivel de significancia	0.050
$t_{(1-\alpha/2), (n-1)}$	t valor crítico	1.69912703

p-valor: probabilidad t estd. Prba. 0.00000000016

Decisión

No se debe aceptar la hipótesis nula

Conclusion

La diferencia promedio de las muestras con tratada con cera de abeja es mayor que 0 respecto a las muestras en estado natural.

En el ensayo de resistencia a la flexion estatica, las muestras de madera tratada con cera de abeja es mayor respecto a las muestras en estado natural. Se indica que la cera de abeja tiene una mejora significativa en la madera eucaliptus globulos.

CON ACEITE DE COCINA USADO

PRUEBA DE HIPOTESIS

$H_0: \mu d \leq 0$ hipótesis nula

$H_1: \mu d > 0$ hipótesis alterna

demostrando que las muestras en estado natural es menor que las muestras tratadas

Estadístico de prueba

$$t = \frac{\bar{d}}{S_d/\sqrt{n}}$$

\bar{d}	promedio de la muestra	2.791
S_d	desviación estándar	49.593
n	numero muestras	30.000

t	estadística de prueba	0.308
----------	-----------------------	-------

Valor crítico

GI	grados de libertad(n-1)	29.000
α	nivel de significancia	0.050000
$t_{(1-\alpha/2), (n-1)}$	t valor crítico	1.699127

p-valor: probabilidad t estd. Prba. 0.61994297

Decisión

No se debe aceptar la hipótesis alterna

Conclusion

la diferencia promedio de las muestras con tratada con aceite de cocina usado es menor a 0 respecto a las muestras en estado natural.

En el ensayo de resistencia a la flexion estatica, las muestras de madera tratada con aceite de cocina es menor o igual respecto a las muestras en estado natural. Se indica que el aceite de cocina tiene una mejora significativa en la madera eucaliptus globulos.

Fuente: Elaboración propia.