



FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

INFLUENCIA DE LA FORMA Y TIPOS DE MADERAS SOBRE LA HUMEDAD, DENSIDAD, COMPRESIÓN Y FLEXIÓN APLICADAS A LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS, TRUJILLO 2018.

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Bach. Luisa Onelia Paredes Altamirano

Bach. Carol Martina Bocanegra Lopez

Asesor:

Ing. Iván Eugenio Vásquez Alfaro

Trujillo – Perú

2018

APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por la Bachiller **Carol Martina Bocanegra Lopez** y **Luisa Onelia Paredes Altamirano**, denominada:

INFLUENCIA DE LA FORMA Y TIPOS DE MADERAS SOBRE LA HUMEDAD, DENSIDAD, COMPRESIÓN Y FLEXIÓN APLICADAS A LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS, TRUJILLO 2018.

Ing. Iván Eugenio Vásquez Alfaro
ASESOR – CIP 123509

Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz
JURADO – CIP 166228
PRESIDENTE

MBA. Ing. Josualdo Carlos Villar Quiroz
JURADO – CIP 106997

MSC. Ing. Wiston Henry Azañedo Medina
JURADO – CIP 107619

DEDICATORIA

A Dios, Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud y la fuerza para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor, A mi madre, quien ha sabido formarme con buenos sentimientos y valores, pero sobretodo con amor, mostrándome siempre su apoyo incondicional.

Luisa Paredes

A Dios sobre todas las cosas y especialmente a mis padres y hermanos por brindarme ese apoyo incondicional en cada uno de los nuevos retos que he ido asumiendo a lo largo de mi vida. De la misma forma y muy especial a Leidy, mi compañera de toda la vida por estar en cada desvelada, emociones y sueños juntas por ser mi melliza, así también a Carlos por ser el compañero perfecto que estuvo a mi lado apoyándome en cada momento. Gracias a todos ustedes por ayudarme de gran manera en concluir ésta tesis.

Carol Bocanegra

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios, por la vida, salud todas las bendiciones que nos entrega cada día, permitiendo que terminemos este proyecto de investigación. Nos gustaría que estas líneas sirvieran para expresar nuestro más profundo y sincero agradecimiento a todas aquellas personas que con su ayuda han colaborado en la realización del presente trabajo.

En primer lugar, agradecemos a nuestras queridas familias quienes a lo largo de nuestras vidas han apoyado y motivado nuestra formación académica.

También expresamos nuestros más sinceros agradecimientos a nuestro asesor Ing. Iván Vásquez Alfaro por su apoyo y asesoramiento del presente estudio, con su ayuda desinteresada, nos brindó tiempo e información relevante y de vital importancia y finalmente dirigimos un eterno agradecimiento a esta prestigiosa universidad la cual abre sus puertas a jóvenes como nosotras, preparándonos para un futuro competitivo y formándonos como personas de bien. A todos ustedes, nuestro mayor reconocimiento y gratitud.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|-----|
| DEDICATORIA..... | III |
| AGRADECIMIENTO..... | IV |
| RESUMEN | XIV |
| CAPITULO I | 16 |
| 1. INTRODUCCIÓN | 16 |
| 1.1 Realidad problemática | 16 |
| 1.2 Formulación del problema | 19 |
| 1.3 Justificación | 19 |
| 1.4 Limitaciones..... | 21 |
| 1.5 Objetivos..... | 21 |
| 1.5.1 Objetivo general | 21 |
| 1.5.2 Objetivos específicos..... | 21 |
| CAPITULO II | 22 |
| 2 MARCO TEÓRICO | 22 |
| 2.1 Antecedentes..... | 22 |
| 2.2 Bases teóricas | 26 |
| 2.2.1 Características de la madera..... | 26 |
| 2.2.1.1 La estructura anatómica de la madera | 26 |
| 2.2.1.2 La composición de la madera..... | 27 |
| 2.2.1.3 Direcciones de la fibra de la madera | 27 |
| 2.2.1.4 Composición química de la madera | 28 |
| 2.2.1.5 Elementos estructurales | 28 |
| 2.2.1.6 Clasificación de la madera por resistencia | 29 |
| 2.2.1.7 Durabilidad de la madera | 30 |
| 2.2.2 La madera como recurso renovable | 30 |
| 2.2.3 Propiedades físicas de la madera | 30 |
| 2.2.3.1 Contenido de humedad | 31 |
| 2.2.3.2 Densidad básica de la madera | 31 |
| 2.2.4 Propiedades mecánicas de la madera | 32 |
| 2.2.4.1 Flexión estática de la madera:..... | 32 |
| 2.2.4.2 Compresión paralela a la fibra de la madera:..... | 32 |
| 2.2.5 Uso e importancia de la madera en la construcción | 32 |
| 2.2.6 Construcción de tierra con madera..... | 34 |
| 2.2.7 Patologías de la madera..... | 35 |
| 2.2.8 Preservación de la madera..... | 38 |
| 2.2.9 Modo de procesamiento de listones de madera para su uso | 39 |
| 2.2.10 Elementos estructurales de una vivienda de adobe | 40 |
| 2.2.11 Defectos de la madera | 41 |

| | |
|---|----|
| 2.3 Hipótesis..... | 42 |
| 2.3.1 Planteamiento de la hipótesis..... | 42 |
| CAPITULO III | 43 |
| 3 METODOLOGÍA | 43 |
| 3.1 Operacionalización de variables..... | 43 |
| 3.1.1 Variable dependiente | 43 |
| 3.1.2 Variable independiente..... | 43 |
| 3.2 Diseño de investigación..... | 44 |
| 3.3 Unidad de estudio..... | 45 |
| 3.4 Población..... | 45 |
| 3.5 Muestreo (muestra) | 45 |
| 3.6 Tamaño de muestra..... | 45 |
| 3.7 Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos | 46 |
| 3.7.1 Técnicas de recolección y análisis de datos..... | 46 |
| 3.7.2 Instrumento de recolección de datos..... | 46 |
| 3.7.3 Procedimientos de recolección de datos | 48 |
| 3.7.3.1 Proceso experimental..... | 48 |
| 3.7.3.2 Propiedades físicas y mecánicas | 48 |
| 3.7.3.2.1 Ensayo de humedad. (NTP: 251.010:2014) | 48 |
| 3.7.3.2.2 Ensayo de densidad básica. (NTP: 251.011:2014) | 49 |
| 3.7.3.2.3 Ensayo de flexión estática (NTP 251.017) | 50 |
| 3.7.3.2.4 Ensayo de compresión paralela a la fibra (NTP 251.014) | 53 |
| 3.8 Métodos y procedimientos de análisis de datos | 55 |
| 3.8.1 Prueba de normalidad: | 55 |
| 3.8.2 Prueba de hipótesis:..... | 56 |
| 3.8.3 Datos previos para el análisis de varianza | 56 |
| 3.8.3.1 Grados de libertad | 56 |
| 3.8.3.2 Nivel de significancia | 57 |
| 3.8.3.3 Criterio de rechazo | 57 |
| 3.8.4 Análisis de varianza..... | 57 |
| 3.8.5 Prueba tukey | 59 |
| 3.8.6 Prueba no paramétricas | 60 |
| 3.8.7 Desviación estándar | 60 |
| CAPITULO IV | 61 |
| 4. RESULTADOS | 61 |
| 4.1 Humedad | 61 |
| 4.2 Densidad básica | 61 |
| 4.3 Flexión estática..... | 62 |
| 4.4 Compresión paralela a la fibra..... | 63 |
| 4.5 Costos de los tipos de madera analizados. | 64 |

| | |
|---|-----|
| CAPITULO V | 65 |
| 5. DISCUSIÓN | 65 |
| 5.1 Análisis propiedades físicas | 65 |
| 5.1.1 Humedad..... | 65 |
| 5.1.2 Densidad básica..... | 68 |
| 5.2 Análisis propiedades mecánicas..... | 71 |
| 5.2.1 Análisis de flexión estática..... | 71 |
| 5.2.2 Compresión paralela a la fibra..... | 73 |
| 5.3 Costos de los tipos de madera analizadas | 75 |
| CONCLUSIONES..... | 76 |
| RECOMENDACIONES | 80 |
| REFERENCIAS..... | 81 |
| APÉNDICE..... | 86 |
| Apéndice 1: Resultados de ensayos de propiedades físicas..... | 86 |
| Apéndice 2: Resultados de ensayos de propiedades mecánicas | 87 |
| ANEXOS | 94 |
| Anexo 1: Panel fotográfico..... | 94 |
| Anexo 2: Fichas técnicas de maderas | 99 |
| Anexo 3: Análisis estadísticos de los resultados obtenidos en los ensayos | 113 |
| Anexo 4: Análisis de costos de elementos estructurales de madera | 124 |
| Anexo 5: Análisis de costos de elementos estructurales de concreto | 136 |
| Anexo 6: Normatividad utilizada para el procedimiento de la investigación..... | 138 |
| Anexo 7: Manual equipo para ensayos de flexión estática - MULTISPEED | 143 |
| Anexo 8: Certificado de ensayos realizados en la Universidad Nacional de Trujillo | 144 |
| Anexo 9: Certificado de ensayos realizados en la Universidad Privada del Norte..... | 145 |
| Anexo 10: Certificado de ensayos realizados en la Universidad Privada del Norte..... | 146 |
| Anexo 11: Certificado de calibración de balanza electrónica..... | 147 |
| Anexo 12: Certificado de calibración de vernier..... | 148 |
| Anexo 13: Certificado de calibración del equipo MULTISPEED | 149 |
| Anexo 14: Resultados de ensayos de flexión estática extraídos del equipo MULTISPEED | 150 |
| Anexo 15: Guías de observación..... | 186 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Resultados de propiedades físicas..... | 24 |
| Tabla 2: Resultados de propiedades mecánicas..... | 24 |
| Tabla 3: Resultados de propiedades físicas y mecánicas..... | 26 |
| Tabla 4: Operacionalización de variable dependiente..... | 44 |
| Tabla 5: Diseño de matriz de variables..... | 44 |
| Tabla 6: Cantidad de unidades experimentales..... | 45 |
| Tabla 7: Contenido de humedad de la madera..... | 49 |
| Tabla 8: Rangos de humedad de la madera..... | 49 |
| Tabla 9: Densidad básica de la madera..... | 50 |
| Tabla 10: Rangos de densidad básica de la madera..... | 50 |
| Tabla 11: Flexión estática de la madera..... | 52 |
| Tabla 12: Rangos de flexión estática..... | 53 |
| Tabla 13: Compresión paralela a la fibra..... | 54 |
| Tabla 14: Rangos de compresión paralela a la fibra..... | 55 |
| Tabla 15: Prueba Kolmogorov-Smirnov..... | 55 |
| Tabla 16: Prueba hipótesis específica 1..... | 56 |
| Tabla 17: Prueba hipótesis específica 2..... | 56 |
| Tabla 18: Prueba hipótesis específica 3..... | 56 |
| Tabla 19: Prueba hipótesis específica 4..... | 56 |
| Tabla 20: Análisis estadístico ANOVA..... | 59 |
| Tabla 21: Pruebas no paramétricas de densidad básica y humedad..... | 60 |
| Tabla 22: Pruebas no paramétricas de compresión paralela a la fibra..... | 60 |
| Tabla 23: Costos de los tipos de madera comercializados en Trujillo..... | 64 |
| Tabla 24: Parámetros para revestimientos exteriores e interiores..... | 67 |
| Tabla 25: Parámetros para uso en carpintería de obra..... | 70 |
| Tabla 26: Parámetros de selección sistema poste - viga..... | 73 |
| Tabla 27: Parámetros para pilotes de cimentación y encofrados..... | 75 |
| Tabla 28: Costos de elementos estructurales vigas - columnas..... | 77 |
| Tabla 29: Uso estructural de los tipos de madera según su forma..... | 78 |
| Tabla 30: Uso no estructural de los tipos de madera según su forma..... | 79 |
| Tabla 31: Resultados de ensayo de humedad..... | 86 |
| Tabla 32: Resultados de ensayo de densidad básica..... | 86 |
| Tabla 33: Resultados de ensayos de flexión estática..... | 87 |
| Tabla 34: Resultados de compresión paralela a la fibra..... | 91 |
| Tabla 35: Viviendas particulares según material predominante..... | 98 |
| Tabla 36: Licencias para la construcción otorgadas..... | 98 |
| Tabla 37: Consumo de materiales de construcción..... | 98 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 38: Ficha de madera cachimbo. | 99 |
| Tabla 39: Ficha de madera capirona. | 100 |
| Tabla 40: Ficha de madera catahua. | 101 |
| Tabla 41: Ficha de madera cedro. | 102 |
| Tabla 42: Ficha de madera copaiba. | 103 |
| Tabla 43: Ficha de madera huayruro. | 104 |
| Tabla 44: Ficha de madera ishpingo. | 105 |
| Tabla 45: Ficha de madera mohena. | 106 |
| Tabla 46: Ficha de madera pino. | 107 |
| Tabla 47: Ficha de madera pumaquiro. | 108 |
| Tabla 48: Ficha de madera tornillo. | 109 |
| Tabla 49: Ficha de madera utucuro. | 110 |
| Tabla 50: Usos de maderas agrupadas según el reglamento de edificaciones. | 111 |
| Tabla 51: Lista de especies agrupadas. | 112 |
| Tabla 52: Análisis de varianza para ensayo de humedad. | 113 |
| Tabla 53: Análisis de varianza para ensayo de densidad básica. | 113 |
| Tabla 54: Análisis de varianza para ensayo de flexión estática. | 114 |
| Tabla 55: Análisis de varianza para ensayo de compresión paralela a la fibra. | 114 |
| Tabla 56: Prueba de tuke para ensayo de humedad. | 115 |
| Tabla 57: Prueba de tuke para ensayo de densidad básica. | 115 |
| Tabla 58: Prueba de tuke para ensayo de flexión estática. | 116 |
| Tabla 59: Prueba de tuke para ensayos de compresión paralela a la fibra. | 117 |
| Tabla 60: Prueba no paramétrica de humedad. | 119 |
| Tabla 61: Prueba no paramétrica de densidad básica. | 119 |
| Tabla 62: Prueba no paramétrica de compresión paralela a la fibra. | 120 |
| Tabla 63: Desviación estándar para humedad. | 121 |
| Tabla 64: Desviación estándar para densidad básica. | 121 |
| Tabla 65: Desviación estándar para flexión estática. | 122 |
| Tabla 66: Desviación estándar para compresión paralela a la fibra. | 123 |
| Tabla 67: Ensayo de madera cachimbo rectangular. | 150 |
| Tabla 68: Ensayo de madera cachimbo cuadrado. | 151 |
| Tabla 69: Ensayo de madera cachimbo circular. | 152 |
| Tabla 70: Ensayo de madera capirona rectangular. | 153 |
| Tabla 71: Ensayo de madera capirona cuadrado. | 154 |
| Tabla 72: Ensayo de madera capirona circular. | 155 |
| Tabla 73: Ensayo de madera catahua rectangular. | 156 |
| Tabla 74: Ensayo de madera catahua cuadrado. | 157 |
| Tabla 75: Ensayo de madera catahua circular. | 158 |
| Tabla 76: Ensayo de madera cedro cuadrado. | 159 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 77: Ensayo de madera cedro rectangular..... | 160 |
| Tabla 78: Ensayo de madera cedro circular..... | 161 |
| Tabla 79: Ensayo de madera copaiba rectangular..... | 162 |
| Tabla 80: Ensayo de madera copaiba cuadrado..... | 163 |
| Tabla 81: Ensayo de madera copaiba circular..... | 164 |
| Tabla 82: Ensayo de madera huayruro cuadrado..... | 165 |
| Tabla 83: Ensayo de madera huayruro cuadrado..... | 166 |
| Tabla 84: Ensayo de madera huayruro circular..... | 167 |
| Tabla 85: Ensayo de madera ishpingo rectangular..... | 168 |
| Tabla 86: Ensayo de madera ishpingo cuadrado..... | 169 |
| Tabla 87: Ensayo de madera ishpingo circular..... | 170 |
| Tabla 88: Ensayo de madera mohena rectangular..... | 171 |
| Tabla 89: Ensayo de madera mohena cuadrado..... | 172 |
| Tabla 90: Ensayo de madera mohena circular..... | 173 |
| Tabla 91: Ensayo de madera pino rectangular..... | 174 |
| Tabla 92: Ensayo de madera pino cuadrado..... | 175 |
| Tabla 93: Ensayo de madera pino circular..... | 176 |
| Tabla 94: Ensayo de madera pumaquiرو rectangular..... | 177 |
| Tabla 95: Ensayo de madera pumaquiرو cuadrado..... | 178 |
| Tabla 96: Ensayo de madera pumaquiرو circular..... | 179 |
| Tabla 97: Ensayo de madera tornillo rectangular..... | 180 |
| Tabla 98: Ensayo de madera tornillo cuadrado..... | 181 |
| Tabla 99: Ensayo de madera tornillo circular..... | 182 |
| Tabla 100: Ensayo de madera utucuro rectangular..... | 183 |
| Tabla 101: Ensayo de madera utucuro cuadrado..... | 184 |
| Tabla 102: Ensayo de madera utucuro circular..... | 185 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura N° 1: Partes principales de la madera. | 27 |
| Figura N° 2: Viguetas y largueros de madera..... | 33 |
| Figura N° 3: Postes y vigas de madera. | 33 |
| Figura N° 4: Cubiertas de madera. | 33 |
| Figura N° 5: Estructura de panel de madera con tierra | 34 |
| Figura N° 6: Coloración azul en la madera..... | 36 |
| Figura N° 7: Tronco con pudrición blanca - castaña..... | 36 |
| Figura N° 8: Mohos blanco en la madera. | 36 |
| Figura N° 9: Insectos coleópteros. | 37 |
| Figura N° 10: Termitas reticulitermes - criptotermis..... | 37 |
| Figura N° 11: Vigas y viguetas de madera. | 40 |
| Figura N° 12: Columna de madera..... | 40 |
| Figura N° 13: Entablado de madera. | 41 |
| Figura N° 14: Proceso experimental..... | 48 |
| Figura N° 15: Muestra para ensayo de humedad..... | 48 |
| Figura N° 16: Muestra para ensayo de densidad básica | 49 |
| Figura N° 17: Muestras para ensayo de flexión estática. | 51 |
| Figura N° 18: Obtención resultados de ensayo a flexión estática | 52 |
| Figura N° 19: Muestras para ensayo de compresión paralela a la fibra..... | 53 |
| Figura N° 20: Ensayo de humedad de las maderas. | 61 |
| Figura N° 21: Ensayo de densidad básica de la madera..... | 61 |
| Figura N° 22: Ensayo de flexión estática..... | 62 |
| Figura N° 23: Ensayo de compresión paralela la fibra. | 63 |
| Figura N° 24: Flexión estática, forma geométrica rectangular..... | 90 |
| Figura N° 25: Flexión estática, forma geométrica cuadrada..... | 90 |
| Figura N° 26: Flexión estática, forma geométrica circular. | 91 |
| Figura N° 27: Compresión paralela a la fibra, en maderas de forma rectangular..... | 92 |
| Figura N° 28: Compresión paralela a la fibra, en maderas de forma cuadrada..... | 93 |
| Figura N° 29: Compresión paralela a la fibra, en maderas de forma circular | 93 |
| Figura N° 30: Muestreo de los 12 tipos de las maderas..... | 94 |
| Figura N° 31: Determinación de la densidad básica de las maderas | 94 |
| Figura N° 32: Medición en muestras geométricas, con la precisión requerida del vernier | 94 |
| Figura N° 33: Arranque del motor para efectuar el ensayo a flexión estática..... | 95 |
| Figura N° 34: Se obtiene la gráfica en tiempo real y guardamos los datos obtenidos..... | 95 |
| Figura N° 35: Muestras para ensayo a compresión paralela a la fibra | 95 |
| Figura N° 36: Toma de medidas con vernier de las muestras a ensayar. | 96 |
| Figura N° 37: Ensayo a compresión paralela a la fibra | 96 |
| Figura N° 38: Con el asesor del proyecto..... | 96 |

| | |
|--|-----|
| Figura N° 39: Iglesia angular, Noruega - biblioteca en Beijing | 97 |
| Figura N° 40: Milano Vía Cenni | 97 |
| Figura N° 41: Vancouver's Brock Commons | 97 |
| Figura N° 42: Ensayo de madera cachimbo rectangular. | 150 |
| Figura N° 43: Ensayo de madera cachimbo cuadrado | 151 |
| Figura N° 44: Ensayo de madera cachimbo circular | 152 |
| Figura N° 45: Ensayo de madera capirona rectangular..... | 153 |
| Figura N° 46: Ensayo de madera capirona cuadrado..... | 154 |
| Figura N° 47: Ensayo de madera capirona circular | 155 |
| Figura N° 48: Ensayo de madera catahua rectangular..... | 156 |
| Figura N° 49: Ensayo de madera catahua cuadrado..... | 157 |
| Figura N° 50: Ensayo de madera catahua circular | 158 |
| Figura N° 51: Ensayo de madera cedro rectangular | 159 |
| Figura N° 52: Ensayo de madera cedro cuadrado | 160 |
| Figura N° 53: Ensayo de madera cedro circular | 161 |
| Figura N° 54: Ensayo de madera copaiba rectangular..... | 162 |
| Figura N° 55: Ensayo de madera copaiba cuadrado..... | 163 |
| Figura N° 56: Ensayo de madera copaiba circular | 164 |
| Figura N° 57: Ensayo de madera huayruro rectangular | 165 |
| Figura N° 58: Ensayo de madera huayruro cuadrado | 166 |
| Figura N° 59: Ensayo de madera huayruro circular..... | 167 |
| Figura N° 60: Ensayo de madera ishpingo rectangular. | 168 |
| Figura N° 61: Ensayo de madera ishpingo cuadrado..... | 169 |
| Figura N° 62: Ensayo de madera ishpingo circular | 170 |
| Figura N° 63: Ensayo de madera mohena rectangular | 171 |
| Figura N° 64: Ensayo de madera mohena cuadrado | 172 |
| Figura N° 65: Ensayo de madera mohena circular..... | 173 |
| Figura N° 66: Ensayo de madera pino rectangular..... | 174 |
| Figura N° 67: Ensayo de madera pino cuadrado..... | 175 |
| Figura N° 68: Ensayo de madera pino circular | 176 |
| Figura N° 69: Ensayo de madera pumaquiro rectangular..... | 177 |
| Figura N° 70: Ensayo de madera pumaquiro cuadrado..... | 178 |
| Figura N° 71: Ensayo de madera pumaquiro circular..... | 179 |
| Figura N° 72: Ensayo de madera tornillo rectangular..... | 180 |
| Figura N° 73: Ensayo de madera tornillo cuadrado..... | 181 |
| Figura N° 74: Ensayo de madera tornillo circular | 182 |
| Figura N° 75: Ensayo de madera utucuro rectangular | 183 |
| Figura N° 76: Ensayo de madera utucuro cuadrado | 184 |
| Figura N° 77: Ensayo de madera utucuro circular | 185 |

ÍNDICE DE ECUACIONES

| | |
|--|----|
| Ecuación N° 1: Contenido de humedad..... | 49 |
| Ecuación N° 2: Valor de volumen | 50 |
| Ecuación N° 3: Densidad básica | 50 |
| Ecuación N° 4: Módulo de ruptura de muestras cuadrada y rectangular | 52 |
| Ecuación N° 5: Módulo de ruptura de muestra circular | 52 |
| Ecuación N° 6: Compresión paralela a la fibra | 54 |
| Ecuación N° 7: Análisis de la varianza | 57 |
| Ecuación N° 8: Suma de cuadrados debido a los tratamientos..... | 58 |
| Ecuación N° 9: Cuadrado medio debido al error | 58 |
| Ecuación N° 10: Suma de cuadrados debido al error..... | 58 |
| Ecuación N° 11: Estadístico de prueba para la igualdad de k medias poblacionales | 58 |
| Ecuación N° 12: Suma total de cuadrados | 58 |
| Ecuación N° 13: Prueba Tukey-kramer | 59 |
| Ecuación N° 14: Desviación estándar | 60 |

RESUMEN

En la industria de la construcción de la madera es, sin duda, un recurso natural renovable el cual tendría un impacto positivo, siempre y cuando no se dejen los bosques depredados, convirtiéndose así en una actividad sostenible, comparando esta situación con la que se vive en Norteamérica y Europa, quienes cuenta con el 100% de viviendas elaboradas con madera.

La presente investigación tiene por finalidad proporcionar algunos prototipos necesarios para elegir la madera adecuada, por ello es necesario evaluar las formas y tipos de maderas sobre la humedad, densidad, compresión y flexión aplicadas a la construcción de viviendas en Trujillo.

Se evaluó los tipos de madera tales como: cachimbo, capirona, catahua, cedro, copaiba, huayruro, ishpingo, mohena, pino, pumaquiro, tornillo, utucuro, en sus formas más usuales: rectangular, cuadrada y circular; para ello se evaluaron sus propiedades físicas tales como: humedad según indica la norma NTP. 251.010 con muestras de 2 cm x 3 cm x 10 cm y densidad básica según indica la norma NTP. 251.011 con muestras 3 cm x 3 cm x 10 cm; además evaluamos las propiedades mecánicas como: resistencia a flexión estática según indica la norma NTP. 251.017 con muestras 2.5 cm x 2.5 cm x 38 cm; 2 cm x 3 cm x 38 cm; Ø 2 cm x 38 cm y compresión paralela a la fibra según indica la norma NTP. 251.014 con muestras 5 cm x 5 cm x 20 cm; 4 cm x 5 cm x 20 cm y Ø 5 cm x 20 cm.

Los resultados obtenidos en el ensayo de densidad se determinó que la madera capirona tiene densidad alta ya que poseen una durabilidad natural alta y es recomendable para elementos estructurales que no tengan contacto con el suelo, mientras que la madera pino obtiene una densidad muy baja y posee menor resistencia al ser una madera muy blanda, no resiste a los ataques biológicos. Finalmente, mediante análisis estadístico se confirma en base a los resultados obtenidos que la madera pumaquiro alcanzó los mejores resultados; en sus tres formas geométricas evaluadas; rectangular, cuadradas y circular; en comparación de las 12 tipos de maderas analizadas. Esto nos permite dar mayor flexibilidad a los usuarios en la elección hacia una o pocas especies conocidas cuando existen otras de características similares, evitando preferencias injustificadas en los precios que se da por la escasez de algún tipo de madera.

Para ello es importante dar a conocer la utilización de los elementos estructurales como vigas y columnas de madera para vivienda, son igual o más competitivos que el tradicional elemento estructural de concreto, por ello se realizó la comparación de cuánto más rentable y efectivo puede llegar a ser su uso. Básicamente por los rendimientos y la velocidad de construcción, donde se demostró que es un 95 % más veloz que el tradicional y como consecuencia bajos costos en construcción, así la madera se vuelve altamente competitiva ante cualquier material.

ABSTRACT

In the wood construction industry, without a doubt, a renewable natural resource, which could have a positive impact, as long as the predated forests have not been lost, thus becoming a sustainable activity, comparing this situation with the one we live in America and Europe, who have 100% of homes made of wood.

The purpose of this research is to provide some necessary prototypes to choose the appropriate wood, so it is necessary to evaluate the shapes and types of wood on the humidity, density, compression and bending applied to the construction of houses in Trujillo.

The types of wood were evaluated such as: cachimbo, capirona, catahua, cedar, copaiba, huayruro, ishpingo, mohena, pine, pumaquiro, screw, utucuro, in its most usual forms: rectangular, square and circular; for this, its physical properties were evaluated, such as: humidity according to the NTP standard. 251.010 with specimens of 2 cm x 3 cm x 10 cm and density according to the NTP standard. 251.011 with test pieces 3 cm x 3 cm x 10cm; We also evaluate the mechanical properties such as: flexural strength as indicated by the NTP standard. 251.017 with specimens 2.5 cm x 2.5 cm x 38 cm; 2 cm x 3 cm x 38cm; Ø 2 cm x 38cm and parallel understanding according to the NTP standard. 251.017 with specimens 5 cm x 5 cm x 20 cm; 4 cm x 5 cm x 20 cm and Ø 5cm x 20 cm.

The results obtained in the density test determined that the capirona wood has high density since they have a high natural durability and is recommended for structural elements that do not have contact with the ground, while the pine wood obtains a very low density and possesses less resistance to being a very soft wood, does not resist biological attacks. Finally, through statistical analysis, it is confirmed based on the results obtained that the pumaquiro wood achieved the best results; in its three geometric shapes evaluated; rectangular, square and circular; in comparison of the 12 types of wood analyzed. This allows us to give more flexibility to the users in the choice of one or few known species when there are others of similar characteristics, avoiding unjustified preferences in prices due to the scarcity of some type of wood.

For this it is important to publicize the use of structural elements such as wooden beams and columns for housing, are equal or more competitive than the traditional structural element of concrete, so the comparison was made of how much more profitable and effective can reach be its use Basically for the yields and the speed of construction, where it was demonstrated that it is 95% faster than the traditional one and consequently low costs in construction, thus the wood becomes highly competitive before any material.

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

Según el diario El Comercio (2017), se realizó importantes estudios de expertos en arquitectura de todo el mundo, donde se comprometieron en hacer realidad proyectos de gran magnitud, como bibliotecas e iglesias de dimensiones grandes, ver figura N° 39 anexo 1. Para ello se empleó madera resistente de diversos tipos, tales como; ángulos obtusos y agudos, así como por trazos zigzagueantes y asimétricos.

Según la revista de arquitectura Urbanismo.com (2017), la nueva tendencia en Europa, como España cuenta con un convenio que exige el consumo de energía sea casi 0% de los edificios para el 2018, para ello se utilizará la madera como material de construcción, la cual emite un 40% menos de CO₂ que una vivienda de concreto. En la actualidad está por concluir el proyecto de viviendas más grande construido de madera en el suroeste de Europa, consta de 65 viviendas con una superficie construida de 8 379 m², así mismo se utilizó 2 200 m² de paneles de pino radiata procedentes de Euskadi. La ventaja de este material de construcción se encuentra en un 50% y un 80% es más rápido que la construcción tradicional ya que toma un tiempo reducido en construirse.

Según la revista Arauco Perú (2014) la importancia de la madera en países de Latinoamérica, como Chile, México o Perú, donde expertos en la materia destacan aspectos de la construcción en madera tales como factores de sismicidad, incendios y climáticos, son tipologías propias de sus territorios, donde la madera surge como solución sustentable. La madera resiste a los terremotos, demostrada por la tecnología CLT (madera laminada cruzada), donde se emplea paneles que pueden ser tan compactos como el concreto armado. Las construcciones que emplean este material en sus edificaciones tienen grandes beneficios al momento de un accidente con fuego, debido que el proceso de combustión es lento, no se incendian con facilidad. El proyecto "Milano Vía Cenni", una de los proyectos sociales más grandes de Europa, ver figura N° 40 anexo 1. Donde su creador del proyecto el arquitecto Fabrizio Rossi, nos demuestra que la madera posee un carácter ecológico ambiental de baja emisión de CO₂, nos permite construir edificios de varios niveles con términos de confort y seguridad. Mientras que para el docente de arquitectura Pekka Heikkinende nos indica un componente importante es el costo de producción "El precio del acero ha aumentado radicalmente en los últimos 5 años y lo mismo ha ocurrido con el vidrio y el concreto; la madera, en cambio, es un material renovable, y por lo tanto, será muy estable en precio, aunque obviamente seguirá los costos promedio de la construcción".

Gintoff, V. (2016). Nos muestra la construcción de madera más alta del mundo que comprende de un edificio de 18 niveles, el primer nivel está construido a base de concreto y el resto de

pisos de madera masiva cubiertos con vigas de acero y cubiertas metálicas prefabricadas, ver figura N° 41 anexo 1. Los núcleos de concreto proporcionan estabilidad lateral mientras que la estructura de madera transporta las cargas verticales. "Columnas de madera laminada del edificio están equipadas con conectores de acero que proporcionan una transferencia de carga directa entre las columnas y una rejilla de cruz de madera laminada de paneles (CLT), permiten que el edificio cumpla con los nuevos requisitos de diseño sísmico para el Código Nacional de Construcción de Canadá 2015." Una vez terminados los núcleos de concreto, se ejecutará la estructura de madera masiva y fachada se construirá al menos un nivel por semana. El cual tendrá un beneficio de carbono de 2.563 toneladas (el equivalente a sacar 490 coches de la carretera por un año).

Según el diario Gestión (2016) en los últimos años, en el Perú las plantaciones forestales reforestadas con buenas prácticas han incrementado de 16,000 a 53,000 hectáreas, ubicadas en la zona de selva central como Ucayali y San Martín, eso gracias al gran cambio del marco normativo, el acceso financiero, incentivos y en la mejora de las condiciones para las inversiones forestales. El Perú es una de las diez naciones del mundo con mayor potencial forestal, indicando que economías de APEC (Cooperación Económica Asia-Pacífico) representan el 80% del comercio mundial de productos forestales y aproximadamente el 53% de los bosques del mundo. Se puede indicar que cada hectárea desforestada de bosque solo en productos básicos equivale a S/ 25,000, cifra que ha valorizado los recursos forestales no aprovechados, un buen manejo evitará la tala ilegal y la pérdida por cambio de uso.

El uso de la madera renovable reducirá el déficit de edificaciones en el Perú, este recurso natural tendrá un efecto positivo, siempre que no se queden depredados los bosques, convirtiéndose en la actividad sostenible, comparando esta situación con Norteamérica, quienes cuenta con casi el 100% de edificaciones construidas con madera, debido que cuentan con plantaciones forestales, que permite renovar su recurso. En Norteamérica, se brindan incentivos en la inversión forestal a través de sectores privados, convirtiéndose en un material que contribuye entre muchos otros usos en la construcción. (Arbaiza, 2016).

La industria en la madera se desarrolló debido a la presión por la competencia de otros materiales y los altos costos de la mano de obra. En el Perú, de cierta manera no escapa de esta situación, y se inició la mecanización de la extracción para hacerla más segura y rentable. La extracción en el bosque tropical es una tarea complicada, encontrándose dificultades constantes que hacen elevar los costos de esta operación. Según RPP Noticias (2016) el 80% de exportación de madera tiene procedencia ilegal, ante ello, el boom inmobiliario ha provocado que crezca cada año.

En el Perú no acostumbramos a construir viviendas estructuralmente de madera, siendo un país amazónico. Si bien conocemos que en nuestra selva peruana existe experiencia en construcción de viviendas con madera, en la sierra se utiliza el sistema tradicional de adobes y

refuerzos estructurales de madera mientras que en la costa se prefiere utilizar el sistema de concreto armado con muros de ladrillo. (Delgado 2017)

Según el diario La República (2017) el gobierno aprueba S/ 800 millones para la reconstrucción del Norte tras los daños ocasionados por el fenómeno El Niño costero, la industria de la madera se veía con esperanza en el plan de reconstrucción generando un crecimiento de 2% y 3% en general. Hablamos de desastres en todo el país: casas, colegios, hospitales entre otros como carpetas y muebles que se necesitarán en estos sectores. De este modo, el sector crecerá ya sea por mano de obra de carpintería o por amueblamiento de las viviendas.

Cientos de viviendas del Distrito El Porvenir, sector Río Seco de la ciudad de Trujillo, se encuentran en un inminente riesgo de inundación debido al desborde de las aguas de la quebrada San Idelfonso, ante el Fenómeno El Niño, al igual que ocurrió en el año 1998. El comercio (2017) formuló una interrogante a la población, ¿De qué material están construidas las viviendas para los damnificados? Se encuentran hechas de paneles de fibrocemento y estructura de madera, resistentes a la humedad y sismo resistentes, aptos para exteriores.

La estructura más importante en el diseño de casas con respecto al consumo de madera es el uso en las paredes exteriores. En este momento solamente 8% de las casas existentes están construidas de esta manera. En los techos la tasa de uso de madera es menor (2% usan madera como material predominante). Sin embargo, muchos diseños de techos requieren madera como elemento de apoyo. Un uso importante de madera se encuentra en los pisos 5% usan parquet y 6% usan madera de entablado. (Serfor, 2015)

La tabla 35 del anexo 1, nos muestra una estimación de los volúmenes del mercado de la construcción a base de las licencias para construcción de los años 2013.

Además, hay construcciones de tipo no-residencial que consumen productos de madera; especialmente en el sector turismo y gastronomía (hoteles y restaurantes), la madera se utiliza como elemento común en usos interiores. La tabla 36 y 37 del anexo 1, presenta el número de edificios no-residenciales construidos en el año 2011.

La madera se adapta usualmente a cualquier estilo, fomentando y permitiendo la originalidad de los diseños, permitiéndonos diseñar grandes luces, adaptación al entorno y una enorme variedad de texturas, formas y colores. Al construir una edificación en madera tenemos la posibilidad de elegir para su uso estructural y no estructural; por ser un material de gran utilización la podemos hallar en una gran diversidad de formas tales como; tableros macizos formados por una o varias piezas rectangulares, láminas conformadas por planchas rectangulares de poco espesor, listones y tableros de gran longitud formados por prismas rectos de sección rectangular o cuadrados, molduras o perfiles con secciones determinadas, rollizos de madera muy largos, tableros contrachapados conformadas por piezas finas y planas que son trabajadas con herramientas manuales como la sierra (Uribe, 2012).

La madera se recomienda especialmente para aplicaciones estructurales en elementos verticales, inclinados y horizontales. La madera se emplea en construcción en carpintería de taller, de armar encofrados para hormigón armado, postes, durmientes de ferrocarril, etc. Aún en la actualidad, la madera por sus propiedades es un material empleado con fines muy diversos, como la construcción de edificios en aplicación de vigas - columnas, entablados y fabricación de muebles. (Collado, 2017).

Por estas razones la presente investigación tiene por finalidad proporcionar algunos prototipos necesarios para elegir la madera adecuada, para ello evaluaremos la humedad, densidad, flexión y compresión paralela a la fibra los diversos tipos y formas de maderas, más usadas en la ciudad de Trujillo, tales como pino, tornillo, cedro y catahua, según la necesidad y con esto ampliar el conocimiento sobre algunas especies de madera aptas para ser utilizadas en construcción como: copaiba, ishpingo, mohena, pumaquiro, utucuro, huayruro, capirona y cachimbo, ya que existe un vasto universo de usos o aplicaciones de la madera en la industria en general, pero en construcción oficialmente solo existe la clasificación de maderas para uso estructural, establecida por el Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. La escasa información de estudios de tipos de madera genera el consumo indebido de estos, ocasionando poner en peligro de extinción maderas ya conocidas como es el caso de la caoba. Desde el punto económico se comparara los costos entre elementos estructurales de madera y concreto, así poder elegir lo más favorables y rentables para la construcción de viviendas.

1.2 Formulación del problema

¿Cómo influye la forma y tipos de maderas sobre la humedad, densidad, compresión y flexión aplicadas a la construcción de viviendas en la ciudad de Trujillo 2018?

1.3 Justificación

La presente investigación pretende enfocar el estudio de las propiedades físicas, mecánicas en sus diversas formas más usuales y en especies de maderas para su uso estructural y no estructural aplicadas en la construcción de viviendas; dando solución sostenible con el medio ambiente. Por lo tanto, se reducen costos considerablemente, al ser más rápida su construcción menor tiempo de realización del trabajo se traduce en menor costo financiero. Produce escaso residuo lo que representa un ahorro trascendente en recolección de desmonte y limpieza de obra, a diferencia de un procedimiento constructivo convencional por sus altos costos.

La madera es un material de construcción más sostenible donde diversos estudios demuestran que derivados de la madera presentan emisiones negativas, frente a elementos de origen metálico o mineral. Por ejemplo: se ahorraría entre 0,72 y 1,01 toneladas de CO₂ por metro cúbico si sustituimos cemento por madera; así mismo si remplazamos ladrillos por paneles de madera representara un ahorro de 0,92 toneladas de CO₂ por metro cúbico. Los estudios de

ahorro en emisión de dióxido de carbono sitúan entre 5 y 15 toneladas de gases de efecto invernadero que pueden evitarse por cada vivienda construida con paredes de madera en vez de ladrillo y cemento. En cuanto la utilización de marcos, por cada 10 ventanas de madera se ahorra media tonelada de CO₂ en comparación con el PVC y 4 toneladas si se compara con el aluminio. En términos generales, se reduciría 10 toneladas de emisiones de carbono si se edificara una vivienda media construida en madera en vez de ladrillos, y si un 10% de las viviendas construidas fuesen de madera, las emisiones se reducirían en 1,8 millones de toneladas, un 2% del total de emisiones. (Euskadi, 2009).

El uso de la madera como material de construcción es amplio y las normas técnicas peruanas que rigen el diseño y construcción de este material son complejas, por tal motivo no todas las personas que se dedican a la construcción tienen el conocimiento debidamente interiorizado y suelen cometer errores durante el proceso de ejecución de la mayoría de obras. De allí surge la necesidad de evaluar la humedad, densidad, flexión y compresión a la fibra de la madera en sus diversas formas y tipos del mismo. En nuestro país, la norma E 0.10 del Reglamento Nacional de Edificaciones rige lo relacionado con la madera, sin embargo, aún no existen aspectos puntuales que nos permitan hacer un predimensionamiento de diseño estructural que merecen ser investigados, en el ámbito de la construcción, un problema que siempre ha existido y que se ha acrecentado en los últimos años debido a la informalidad, es la mala práctica constructiva. (Gutiérrez, 2014)

La trascendencia de este proyecto de investigación radica en evaluar los tipos de madera tales como: cachimbo, capirona, catahua, cedro, copaiba, huayruro, ishpingo, mohena, pino, pumaqui, tornillo, utucuro; en sus formas más usuales rectangular, cuadrada y circular, haciendo de conocimiento a la población de la existencia de estos tipos de madera comercializadas en la ciudad de Trujillo y pueden ser usadas como elementos estructurales y no estructurales, por ello hemos decidido evaluar humedad y densidad de cada uno de estos tipos de madera ya tienen un rol importante; como la humedad que al conocer que la madera pierde agua por debajo del punto de saturación de las fibras, cada célula se compacta, lo que provoca mayor rigidez y resistencia de las fibras, y por ende, genera un incremento de su resistencia. Así mismo, evaluaremos la densidad básica debido a que es una de las características físicas más importantes, ya que está directamente relacionada con las propiedades mecánicas como, flexión estática evaluadas en la resistencia de la viga a una carga puntual, aplicada en el centro de la luz determinando el módulo de rotura. La resistencia a la flexión estática puede ser más o menos unas diez veces superior a la del hormigón. También evaluaremos compresión paralela a la fibra; debido a la resistencia de la madera a una carga en dirección paralela a la fibra, la que se realiza en columnas cortas para determinar la resistencia máxima. Estos estudios nos ayudaran a determinar la capacidad o aptitud para resistir fuerzas externas.

El propósito del estudio realizado también servirá como referente de consulta para otras investigaciones en el área de ingeniería civil.

1.4 Limitaciones

Limitado material bibliográfico nacional e internacional sobre investigaciones de tipos de madera como catahua, copaiba, ishpingo, mohena, pumaquiro y utucuro, por lo que se tomó como referencia las investigaciones lo más cercanas al tema.

Solución a la Limitación:

Este tipo de maderas no son muy comerciales por la falta de información del producto, pero si se venden en Trujillo, estudiar y evaluar su resistencia de las maderas antes mencionadas permitirá generar su uso y evitar poner en peligro de extinción de las maderas ya conocidas como es el caso de la caoba.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Determinar las formas y tipos de maderas sobre la humedad, densidad, compresión y flexión aplicadas a la construcción de viviendas.

1.5.2 Objetivos específicos

- ✓ Determinar la humedad bajo la norma NTP 251. 010. y densidad básica bajo la norma NTP 251.011. de los 12 tipos de maderas seleccionadas, para comparar con estudios ya realizados de la norma RNE- E-010.
- ✓ Analizar, comparar y evaluar la flexión estática de las diversas formas: rectangulares, circulares, y cuadradas indicadas en la norma NTP 251.017.
- ✓ Analizar, comparar y evaluar la compresión paralela a la fibra de las diversas formas: rectangulares, circulares y cuadradas indicadas en la norma NTP 251.014.
- ✓ Conocer las diferentes aplicaciones que se le dan a la madera de forma estructural y no estructural en la construcción de viviendas.
- ✓ Determinar los costos de acuerdo al comportamiento de una viga y columna.

CAPITULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Caracterización de madera de pinus radiata sometido a un proceso de modificación térmica usando un ambiente de inmersión.

Ariete, M. (2010). En su investigación estudia el efecto de la temperatura dentro de un proceso térmico de modificación usando un ambiente de inmersión en pino radiata. El desarrollo este trabajo consta de 3 etapas, la primera etapa trata de un análisis químico y físico - mecánico de las piezas testigos, sin ser tratadas térmicamente. En la segunda etapa, se aplica el tratamiento térmico a las piezas denominadas gemelas, este tratamiento varió su temperatura durante la primera fase (hidro - termólisis con temperaturas de 130°C, 145°C y 160°C). La tercera etapa consiste en un nuevo análisis químico y físico - mecánico de la madera, pero ya tratada térmicamente. Con los datos obtenidos en ambos análisis se procedió a caracterizar el comportamiento de la madera sometida a esta variación de temperatura en el proceso térmico. Los métodos utilizados para la caracterización fueron los estadísticos de Student y correlación lineal. En el método T de Student se ocupó un nivel de confianza y un error máximo, de 95% y 0,01 respectivamente. Concluyendo que las propiedades mecánicas, MOR y MOE sufren variaciones. El MOR cae un 22% con respecto a la condición natural y el MOE aumenta 27%, ambos a 160°C en hidrotermólisis, obteniendo con estas propiedades un producto no apto para uso estructural. El aporte de esta investigación es la utilización de tratamientos térmicos de diversas temperaturas para obtener un mejor análisis químico – físico y mecánico de la madera pinus radiata.

Caracterización, clasificación y patología de las especies de maderas más usadas en la construcción como elementos estructurales permanentes en la ciudad de Cartagena.

Bonfante, P. y Bustos, M. (2014). En su investigación consideró estudiar la patología, características físicas y mecánicas de las especies de madera que habitualmente se utilizan como elementos estructurales permanentes en la ciudad de Cartagena, mediante inspecciones visuales, recopilación bibliográfica y ensayos de laboratorio, para ofrecer una herramienta confiable, que permita tomar decisiones para la selección de una determinada especie, dependiendo de las exigencias de la obra y las condiciones ambientales, es una investigación de tipo mixta, ya que para ejecutarlo, se realizó una serie de análisis cualitativos y cuantitativos, en los que inicialmente se realizó una búsqueda de información secundaria en la biblioteca y base de datos de la Universidad de Cartagena, acerca de la caracterización de las especies de madera más usadas en la construcción como elementos estructurales en la ciudad de Cartagena, y luego se procedió a realizar ensayos como el del esclerómetro y el de la

extracción de testigo de madera mediante una broca - sierra especial, con el objetivo de obtener información primaria, para estudiar la patología de la madera, los resultados que se lograron en el ensayo no destructivo, fueron relativamente buenos en las muestras sanas, porque graficando los valores de lectura contra la densidad, se observó que son directamente proporcionales, mientras que con las maderas en estado de deterioro, no se llegó al valor mínimo de la lectura del esclerómetro. Se concluyó que según la clasificación y caracterización de las maderas, existe una relación directa de la densidad con las propiedades mecánicas, es decir, a mayor densidad, mayor resistencia, haciendo que por lo general las maderas densas sean más durables que las maderas livianas. Generalmente las maderas densas, son difíciles para trabajarlas, secarlas y para su inmunizado. El aporte de esta tesis es el estudio de diferentes tipos de maderas más utilizadas de la ciudad de Cartagena estudiando sus patologías, propiedades físicas y mecánicas, dando a conocer sus posibles usos de acuerdo a los resultados obtenidos.

Diagrama tensión-deformación de la madera libre de defectos de pinus Elliottii de procedencia uruguaya.

Baño; Cetrangolo; O'Neill y Morquio (2014). En el artículo de Jornadas Sudamericanas de ingeniería estructural. Se dio a conocer el verdadero comportamiento de la madera, conocer los módulos de elasticidad a tracción y a compresión, establecer el límite elástico en compresión y los límites de rotura y definir la curva elastoplástica en compresión; se presentó una metodología de ensayo a flexión para la determinación de los valores de módulo de elasticidad y de resistencia a flexión, tracción paralela a la fibra y a compresión paralela a la fibra, optimizando de este modo el tiempo y el coste de ejecución de los tres ensayos de forma independiente, se concluye con el desarrollo un modelo para la obtención del diagrama tensión-deformación en tramo elastoplástico de comportamiento a compresión. Dicho modelo simula la curva mediante tramos rectos lineales y se obtuvo el valor del módulo de elasticidad medio de cada tramo como la pendiente entre el punto final y el inicial de cada tramo. Se observó un fenómeno, común en todas las muestras, donde los tramos lineales considerados son cortos, la pendiente se hace negativa y un comportamiento no lineal en tracción en el último tramo antes de rotura, lo que no permitió determinar el límite de fallo a compresión. Esta investigación nos permite conocer una metodología para los ensayo a flexión determinando valores de módulo de elasticidad y de resistencia a flexión, tracción paralela a la fibra y a compresión paralela a la fibra para optimizar tiempos de ejecución de ensayos y costos.

Determinación de propiedades físicas y mecánicas de la madera de pinus maximinoi moore; Cobán, Alta Verapaz.

Campos, C. (2015). El objetivo de esta investigación fue determinar las propiedades físicas y mecánicas de la madera de pinus maximinoi moore, empleando la norma ASTM D – 143 - 94.

La madera utilizada provino de la finca Choval, municipio de Cobán, Alta Verapaz, de dos tratamientos silviculturales: segundo raleo y corta final, de 11 y 30 años respectivamente; el diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar con parcelas divididas, con dos factores y cinco repeticiones. Las variables de respuesta fueron: proporción albura – duramen, porcentaje de inclinación de la fibra, densidad, contracción dimensional y volumétrica, esfuerzo de compresión paralela y perpendicular a la fibra, flexión estática, dureza, esfuerzo de corte y resistencia a la extracción de clavos. Se concluye que la madera proveniente del duramen y la albura no presentan el mismo comportamiento en sus propiedades en estado verde y en estado seco. Para obtener madera estructural se recomienda el desrame de los árboles, ya que, de esta forma, se garantiza la ausencia de nudos en la madera aserrada, pues éstos disminuyen la resistencia de la madera a los esfuerzos aplicados. El aporte de esta investigación es notar la diferencia en el análisis de ensayos de la albura con el duramen debido que no presentan el mismo comportamiento en sus propiedades, a mayor contenido de nudos que presente la madera menos resistencia obtendrá.

Tabla 1: Resultados de propiedades físicas. (Campos, 2015)

| Prueba | Madera de corta final | | | Madera de raleo | | |
|-------------------------------|-----------------------|--------|----------|-----------------|--------|----------|
| | Máximo | Mínimo | Promedio | Máximo | Mínimo | Promedio |
| Densidad (g/cm ³) | 0.8 | 0.5 | 0.7 | 0.6 | 0.4 | 0.5 |
| Contracción volumétrica (%) | 9 | 5 | 7 | 9 | 7 | 8 |

Tabla 2: Resultados de propiedades mecánicas. (Campos, 2015)

| Prueba | Estado verde | | Estado seco | |
|--|--------------|--------|-------------|--------|
| | Duramen | Albura | Duramen | Albura |
| Módulo de Ruptura en flexión (kg/cm ²) | 353 | 491 | 378 | 490 |
| Compresión paralela a la fibra (kg/cm ²) | 206 | 249 | 218 | 331 |

Fabricación y caracterización de compuestos madera – (metacrilato de metilo, resina poliéster) por irradiación gamma, empleando maderas nativas del Perú (Hura Crepitans L, Aniba Amazónica Meiz y Calycophy Spruceanum Be).

Gago, C. (2011). El presente trabajo está orientado a mejorar las propiedades físicas mediante la infiltración y la polimerización de compuestos madera – polímero, proceso que es asistido mediante irradiación gamma. Para llevar a cabo el proceso de irradiación, se colocó las muestras impregnadas en el equipo Gammacell con los parámetros de dosis y tiempo establecidos para iniciar y mantener el proceso de polimerización. Los procedimientos para irradiación gamma, se ajustó según el Reglamento de Seguridad Radiológica, la utilidad del presente trabajo radica en haber logrado incrementar sustancialmente propiedades físicas

importantes para las maderas nativas de poca acogida, mejorando su estabilidad geométrica en el tiempo mediante el secado forzado y la impregnación y polimerización de un agente endurecedor que mejora no solo el acabado si no también la dureza, dando con ello un significativo valor agregado a un producto de baja cotización. Se tiene una evaluación económica-financiera, con unos indicadores positivos sobre la aplicación comercial de estos nuevos compuestos. El aporte de la presente investigación está orientado a mejorar las propiedades físicas mediante la infiltración y la polimerización de compuestos madera-polímero, proceso que es asistido mediante irradiación gamma a las maderas catahua, mohena y la capirona mejorando sus propiedades físicas y mecánicas.

Estructuras de madera aplicadas al sector de la construcción en el Perú.

Ordoñez, P. y Lugo, Y. (2016). Esta investigación propone a la madera como material de construcción en un país con alto recurso forestal como el Perú, comprobando su buen comportamiento mecánico y sísmico según ensayos experimentales. Se estudiaron las propiedades de la madera y procedimiento para colocarla en uno de los grupos de la NTE E.010, se realizó ensayos mecánicos de flexión, resistencia a la compresión paralela y perpendicular a la fibra y resistencia al corte paralelo a la fibra aplicados a especímenes de madera (especie: pino radiata). Con estos resultados y evaluando el proceso de agrupamiento de la madera en el Perú, se verificó la posibilidad de clasificar esta especie en la NTE. E.010 madera; se concluye que los valores de las propiedades físicas y mecánicas determinadas confirman la posibilidad de usar al pino radiata en la elaboración de entramados de madera con fines estructurales ya que los valores obtenidos en los ensayos se encuentran dentro de los rangos permisibles normalizados. El aporte de esta investigación es conocer el comportamiento mecánico y sísmico de las estructuras de madera aplicadas al sector de la construcción en el Perú.

Cómo elegir maderas según los usos en arquitectura y construcción.

Gutiérrez, L. (2014). La presente investigación surge de la necesidad de diversificar el uso de especies forestales disponible en el mercado como para aliviar de alguna manera la demanda sobre un número limitado de especies conocidas ya que a nivel nacional son 8 las especies aceptadas oficialmente y representan una ínfima parte de la gran variedad de maderas y a la vez servirá como guía de elección de maderas por uso o aplicación específica para que proyectista y ejecutores de obra tengan una referencia técnica rápida y válida. El aporte de esta investigación tiene por finalidad proporcionar el conocimiento necesario para escoger la madera adecuada según la necesidad.

Tabla 3: Resultados de propiedades físicas y mecánicas. (Gutiérrez, 2014)

| Tipo de madera | Propiedades | Densidad básica (gr/cm ³) | Contracción volumétrica (%) | Módulo de ruptura en flexión (kg/cm ²) | Compresión paralela (kg/cm ²) |
|----------------|-------------|---------------------------------------|-----------------------------|--|---|
| Cachimbo | | 0.59 | 12 | 735 | 342 |
| Capirona | | 0.76 | 15 | 723 | 283 |
| Catahua | | 0.41 | 9 | 401 | 126 |
| Cedro | | 0.42 | 11 | 395 | 104 |
| Copaiba | | 0.61 | 11 | 736 | 268 |
| Huayruro | | 0.61 | 9 | 843 | 443 |
| Ishpingo | | 0.43 | 8 | 739 | 308 |
| Mohena | | 0.56 | 9 | 699 | 379 |
| Pumaquiro | | 0.67 | 12 | 955 | 522 |
| Tornillo | | 0.45 | 11 | 576 | 222 |

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Características de la madera

2.2.1.1 La estructura anatómica de la madera

La corteza: Es la capa más externa del árbol y está formada por las células muertas del árbol. Esta capa es la protección contra los agentes atmosféricos.

El cambium: Es la capa que sigue a la corteza y se divide en dos capas denominadas: La capa interior o capa de xilema que forma la albura y una capa exterior o capa de floema que se coloca formando la corteza.

La albura: Es la madera de más reciente formación y por ella viajan la mayoría de los vasos de la savia que se parecerían al sistema sanguíneo humano. Los vasos transportan la savia que es una sustancia azucarada que la hace vulnerable al ataque de los insectos. Es una capa más blanca porque por ahí viaja más savia que por el resto de la madera.

El duramen: está compuesto por células biológicamente muertas cuya única función es proporcionar al tronco del árbol una estructura interna fuerte y resistente con la cual poder sostener todo el peso de las ramas y la copa en genera. (Gago, 2011)

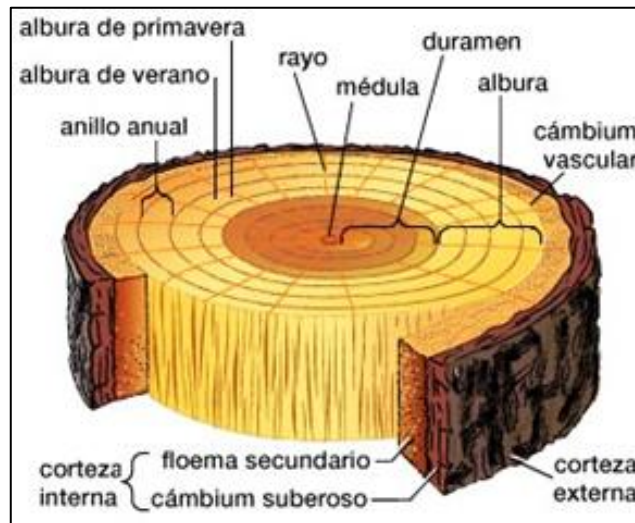


Figura N° 1: Partes principales de la madera. (Gago, 2011)

2.2.1.2 La composición de la madera

Los componentes principales de la madera son: la celulosa de 40% a 60%, un polímero natural que se encuentra bajo la forma de microfibras proporcionando rigidez. Hemicelulosa de 5% a 25% rodeando la celulosa y es hidrófila contribuyendo con las variaciones dimensionales de la madera, también contiene Lignina de 20% a 40% proporcionando rigidez a la pared celular. (Gutiérrez, 2014).

2.2.1.3 Direcciones de la fibra de la madera

Se entiende por fibra el conjunto de las células dispuestas en la dirección del eje del árbol, descartando los elementos vasculares y las células de parénquima. Por extensión se conoce como fibra la orientación general que adoptan las células de madera (vasos o traqueadas) entre sí, o respecto al eje del árbol. (Bermejo, 2011)

Existen multiplicidad de variantes en función de las irregularidades de orientación forma y agrupamiento de las fibras, de entre las cuales las más comunes son las siguientes:

- ✓ Fibra ondulada: Se disponen paralelas entre sí, pero describiendo una trayectoria sinuosa respecto al eje del árbol, pudiendo darse la ondulación en planos radiales o tangenciales.
- ✓ Fibra entrelazada: La inclinación respecto al eje del árbol de forma que unos años (o períodos de varios años) es en un sentido y otros en sentido contrario.
- ✓ Fibra revirada: Las fibras mantienen una inclinación constante con mayor o menor ángulo desarrollándose helicoidalmente respecto al eje del árbol durante toda la vida de la planta, pudiendo ser el giro a derechas o a izquierdas.

2.2.1.4 Composición química de la madera

El análisis químico de varias especies, incluso maderas gimnospermas o blandas y angiospermas o maderas duras, muestra la proporción de elementos, en porcentaje en peso de madera, como se muestra a continuación: carbono 49%-50%, hidrógeno 6%, oxígeno 44%-45%, y nitrógeno sólo 0.1%-1%. (Paz, 2008)

Composición química:

- ✓ Celulosa: 50% del peso total
- ✓ Lignina: 23% - 33% del peso
- ✓ Hemicelulosa: 15% - 30% del peso
- ✓ Extratos: 5% – 30% incluye colorantes, tanino, aceites, resinas, ceras, gomas.
- ✓ Cenizas: 0.1% – 3% del peso.

2.2.1.5 Elementos estructurales

Son elementos que hacen parte de la estructura de una edificación, y su función es la de recibir, soportar y transmitir las cargas verticales y horizontales al suelo, por ejemplo: columnas, vigas, viguetas, losas, muros, entre otras.

Microestructura:

- ✓ La madera tiene una microestructura compuesta polimérica, con una matriz reforzada por fibras.
- ✓ El núcleo está formado por fibras, celdas largas tubulares, de paredes finas, llamadas micro-fibrillas o traqueidas, de celulosa un polímero termoplástico natural y alineadas unidireccionalmente.
- ✓ La matriz que rodea los manojos de traqueidas está formada por moléculas de celulosa ramificadas más cortas, la hemicelulosa; y por la lignina, adhesivo orgánico que une los manojos.
- ✓ Envuelve al núcleo anterior una pared primaria de celulosa que consiste en más micro-fibrillas orientadas al azar.
- ✓ Además, existen árboles que contienen sustancias químicas muy apreciadas, destacándose el quebracho colorado por su contenido de tanino, utilizado en curtiembres. (Del Pilar, 2017).

Macroestructura:

- ✓ La médula es el tejido blando situado en el centro del árbol, alrededor del cual tiene lugar el primer crecimiento de la madera. Debido a que el árbol crece verticalmente y también en forma horizontal, la médula se encuentra a todo lo largo de la longitud del árbol.

- ✓ Los rayos de la madera son canales radiales horizontales que conectan las diferentes capas desde el centro hasta la corteza, su función es almacenar y transferir el alimento. (Del Pilar, 2017).

2.2.1.6 Clasificación de la madera por resistencia

La clasificación por resistencia conduce a dividir una población de madera en clases, o grupos, de distinta calidad, sobre la base de un análisis individual de cada pieza estructural. Esta inspección, que puede ser visual o mecánica, tiene en cuenta el nivel de los parámetros considerados y, en función de los límites establecidos para los mismos, origina la asignación de cada elemento a una determinada clase resistente.

Existen actualmente en el mundo dos sistemas de clasificación por resistencia de madera aserrada para uso estructural, el visual y el mecánico.

Se puede definir esfuerzo como aquella fuerza interna que es capaz de resistir las diferentes fuerzas externas, las cuales tienden a cambiar la forma o tamaño de una pieza de madera. La fuerza resistente es igual a la fuerza deformante. Esto se expresa en Kgf/cm^2 .

En general, la madera se puede clasificar basada en el tipo, tamaño, número y localización de características que pueden disminuir su resistencia, durabilidad y utilidad en:

Madera estructural: Requiere un proceso de análisis y diseño estructural; se clasifica atendiendo a sus propiedades mecánicas y uso de las piezas aserradas.

Maderas duras: Tienen poros microscópicos en la superficie. El tamaño de estos poros es lo que determina el dibujo de la veta y la textura. Debido a estas características, las maderas duras se clasifican según la apertura del poro en: maderas de poros cerrados (poros pequeños), entre las cuales las más usadas son el cerezo y el arce, y maderas de poros circulares (poros más grandes), entre las cuales las más usadas son el roble, el fresno y el álamo.

Maderas blandas: Se obtienen de los árboles de hoja perenne (coníferas). En carpintería sólo se usa el 25% de todas las maderas blandas. Todas las maderas blandas tienen poros cerrados (poros pequeños) que apenas se perciben en el producto acabado. Las maderas blandas más usadas son el cedro, el abeto, el pino y la picea.

Madera comercial: Se clasifica en diferentes grupos teniendo en cuenta solamente su apariencia y características físicas, sin importar sus propiedades mecánicas; se utilizan en trabajos generales de construcción.

Madera de elaboración: Se usa en la carpintería y ebanistería para hacer puertas, marcos y otras piezas. (Bonfante, P. y Bustos, M, 2014).

2.2.1.7 Durabilidad de la madera

La durabilidad natural de la madera se asocia a la resistencia que posee, sin tratamiento químico alguno, frente al ataque de hongos, insectos perforadores, agentes marinos y otras influencias. Normalmente, se mide el tiempo en años durante el cual una madera es capaz de mantener sus propiedades mecánicas estando puesta en servicio en contacto con el suelo o el agua. El estudio del compuesto madera-polímero, es una consecuencia de ensayos de caracterización donde se determinó la mejora en la dureza y la disminución de la absorción de agua. Las maderas seleccionadas generalmente pertenecen a las de la amazonia peruana (Loreto, Huánuco, San Martín) y muchos de ellos se encuentran en otros países y son conocidos con otros nombres. (Gago, 2011).

2.2.2 La madera como recurso renovable

La madera es una importante fuente de energía renovable e incluso proporciona más energía que el sol, el agua o el viento. Actualmente, representa aproximadamente el 45% del suministro de energía renovable en el mundo: 27% en África, 13% en Latino América y el Caribe y 5% en Asia y Oceanía.

La mitad de la producción mundial de madera, es decir unos mil 860 millones de m³, se utilizan como fuente de energía para cocinar, calentarse y generar electricidad.

Eso significa que con los combustibles provenientes de las masas boscosas o dendrocombustibles, dos mil 400 millones de personas pueden cocinar, hervir agua y calentar sus hogares. La dendroenergía es un motor del desarrollo económico, pues casi 900 millones de personas, principalmente en los países en desarrollo, se dedican al sector de energía de origen forestal a tiempo completo o parcial.

Los árboles contribuyen a una mayor calidad de vida y al ahorro energético en las zonas urbanas, pues la colocación estratégica de árboles en las zonas urbanas puede enfriar el aire entre dos y ocho grados centígrados. La dendroenergía mitiga el cambio climático y fomenta el desarrollo sostenible, ya que los bosques del planeta contienen diez veces más energía que la que se consume anualmente en el mundo, por lo tanto, es un recurso de enorme potencial para satisfacer la demanda energética en el orbe. "Las masas boscosas proporcionan, además, aire limpio, agua y energía renovable con efecto neto neutro en cuanto a las emisiones de dióxido de carbono. La gestión sostenible de los bosques nos conduce a un futuro más ecológico". (Durango, 2018)

2.2.3 Propiedades físicas de la madera

Son importantes debido a que inciden directamente en diversos procesos de aserrío y secado de la madera. Básicamente son aquellas propiedades que determinan su comportamiento ante diversos factores que intervienen en el medio natural, sin originar ninguna alteración química

en su estructura. Es por eso que se les otorga a las propiedades físicas una alta importancia para efectos de la trabajabilidad.

2.2.3.1 Contenido de humedad

Según el Manual de Diseño para maderas del grupo Andino, concluyen que, la madera contiene agua bajo tres formas: libre, higroscópica y de constitución. Cuando se expone la madera al medio ambiente, empieza a perder agua iniciándose el proceso de secado. En el transcurso del secado se pierde primero el agua libre y después el agua higroscópica, el agua de constitución no se pierde sino por combustión de la madera. En función de la cantidad de agua que contenga pueden presentarse en tres estados:

- ✓ Estado verde; cuando la madera ha perdido parte del agua libre.
- ✓ Estado seca; cuando ha perdido la totalidad de agua libre y parte de agua higroscópica.
- ✓ Estado anhidra; cuando ha perdido toda el agua libre y agua higroscópica.

El contenido de humedad (CH) es el porcentaje en peso, que tiene el agua libre más el agua higroscópica con respecto al peso de la madera anhidra.

El peso anhidro es conseguido mediante el uso de un horno a $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$, también se le llama peso seca al horno. (Grupo Andino p, 1-15).

2.2.3.2 Densidad básica de la madera

La densidad es un parámetro muy importante en el secado de la madera, entre más densa es una madera, más masa hay que deshumidificar y por ende el secado demora más tiempo. Existen excepciones a la regla como el estoraque y el huayruro, que son especies de densidad alta, pero poseen un mejor comportamiento al secado que especies menos densas como el ishpingo, nogal o mohena rosada. La densidad es útil no sólo para darnos una idea de qué tan compacta es una madera, sino que también a través de unos cálculos sencillos nos permite conocer el peso de una carga de madera (Ugarte y Heinz, 2017, p, 12).

Según la Norma Técnica Peruana (NTP 251.011, 2004) nos define que:

La densidad (D), Es la razón entre el peso y el volumen de la madera a un determinado contenido de humedad.

Determinación del peso: El peso (P) de la muestra en gramos se obtendrá por lectura directa en la balanza.

Determinación del volumen: El volumen (V) puede determinarse por dos métodos:

Medición directa: Se efectúa con la medición de las muestras geométricas, tomando el ancho (b), la altura (h), y la longitud (L) dándonos como resultado el volumen (V) en centímetros cúbicos (cm³)

La densidad básica (DB): Es la relación entre el peso de la muestra anhidra o seca al horno (PSH) y el volumen en estado saturado (V) de la madera a un determinado contenido de humedad. Esta densidad es la más importante porque nos permite clasificar estructuralmente a la madera estudiada.

2.2.4 Propiedades mecánicas de la madera

Se obtiene a través de la experimentación, mediante ensayos que se aplican al material, y que determinan los diferentes valores de esfuerzos a los que puede estar sometida.

2.2.4.1 Flexión estática de la madera:

Módulo de rotura: Es el mayor esfuerzo aplicado a las fibras externas de la madera cuando la muestra de ensayo se rompe bajo la influencia de una carga. Este criterio sirve para clasificar la madera según su resistencia a esfuerzos de rotura, también se obtiene directamente de una curva esfuerzo – deformación y está expresada en kg/cm². (NTP 251.017, 2004, p, 5).

2.2.4.2 Compresión paralela a la fibra de la madera:

La madera presenta gran resistencia a los esfuerzos de compresión paralela a sus fibras. Esta proviene del hecho que las fibras están orientadas con su eje longitudinal en esa dirección y que a su vez coincide, o está muy cerca de la orientación del micro - fibrillas que constituyen la capa media de la pared celular. Esta es la capa de mayor espesor de las fibras.

La capacidad está limitada por el pandeo de las fibras más que por su propia resistencia al aplastamiento cuando se trata de elementos a escala natural. Según el Manual de diseño para maderas del grupo andino. (Grupo Andino 2000 p 1-21).

2.2.5 Uso e importancia de la madera en la construcción

Según: (Douglas, 2016) el uso principal que prevalece son las piezas de madera que se someten a un proceso ligero, que se cortan directamente de los troncos, se cepillan un poco y se usan tan rápido como sea posible en su forma sólida cortada. Debido a que los efectos de los defectos naturales sobre la resistencia de la madera dependen del tipo de carga a la cual se sujeta una pieza individual, la madera para construcción se clasifica en:

Vigas y largueros: Las secciones transversales rectangulares de 5 pulgadas o más de grueso y un ancho mayor que el grueso por más de 2 pulgadas, se clasifican según su resistencia a la flexión cuando soportan la carga sobre la cara angosta.



Figura N° 2: Viguetas y largueros de madera. (Guillermo, 2018)

Postes y vigas grandes: Las secciones transversales cuadradas o casi cuadradas con dimensiones nominales de 5 x 5 pulgadas o mayores, se utilizan principalmente en postes o columnas, pero se adaptan a otros usos; si la resistencia a la flexión no es en especial importante.



Figura N° 3: Postes y vigas de madera. (Guillermo, 2018)

Cubiertas: La madera para cubiertas consta de elementos de 2 pulgadas a 4 pulgadas de grueso, de 6 pulgadas o más de ancho, con orillas de lengüeta y ranura o con ranura para lengüeta postiza en la cara angosta. La madera para piso se usa con la cara ancha colocada de plano en contacto con los miembros de apoyo.



Figura N° 4: Cubiertas de madera. (Guillermo, 2018)

La madera es la única materia prima renovable utilizada en gran escala. Únicamente podría compararse con la energía solar de la que realmente procede. Por este motivo, es posible considerar a la madera desde dos puntos de vista: uno energético y otro como elemento estructural y decorativo. La madera es el material natural que, desde siempre ha sido utilizado por el hombre en construcción. Así, el hombre la ha utilizado para aportarle tanto energía como medios de construcción y utensilios primarios, beneficiándose de su excelente resistencia, su buen comportamiento y duración en uso y, por supuesto, su magnífica trabajabilidad con herramientas sencillas. (Umerez, 2015)

2.2.6 Construcción de tierra con madera

La estructura: Conformada por una estructura principal independiente cuyos componentes son piezas de madera natural, aserradas (escuadrías), verticales y horizontales. Se habla de estructura independiente porque se construyen paneles individuales que unidos a otros iguales conforman una habitación.

La trama: Enrejado o trama de cañas, listones o ramas, atadas o clavadas, dispuestas generalmente en dos sentidos: “horizontal y vertical” o “diagonal y diagonal”. Esta trama también puede estar constituida por mallas metálicas del tipo usado para gallinero o de descarte de tapas de botellas.

El relleno: Los espacios de la trama se rellenan con una mezcla de tierra trabajada en estado plástico, con adición de estabilizantes, recubriendo la trama en sucesivas capas por una o ambas caras.



Figura N° 5: Estructura de panel de madera con tierra. (Schiller, S. y Evans, J. 2006)

Ventajas de la Fajina

Según Schiller, S. y Evans, J. (2006) las ventajas de la fajina son:

- ✓ Diseñar un sistema constructivo a partir de paneles de fajina, con la finalidad de obtener procedimientos en base a tierra – madera, que permitan ofrecer alternativas constructivas eficientes.
- ✓ Permite configurar una estructura articulada e independiente, priorizando el uso de materiales locales de bajo costo y mano de obra no especializada. Se requiere un proceso de capacitación en la técnica.

- ✓ Economía, durabilidad y eficiencia (control higrotérmico y acústico).

2.2.7 Patologías de la madera

Se deben a su exposición a condiciones climáticas adversas (salitre en áreas marítimas, exposición a rayos solares, erosiones diversas, etc.), defectos propios del material (fibras, nudos) o bien a una instalación anómala (falta de tratamiento con pinturas, lustre o barnices, falta de mantenimiento, etc.), las cuales producen alteraciones superficiales que afectan el aspecto decorativo de la misma y facilitan la entrada de agentes destructivos tales como hongos e insectos. (Ruiz, H 2017).

Abióticas: Son aquellas causas de alteración de la madera de origen no vivo, y comprenden desde las anomalías producidas durante el crecimiento del árbol, pasando por los agentes atmosféricos como:

Agua: Se absorbe rápidamente por capilaridad por la capa superficial de la madera seguida por la adsorción en las paredes de las células, las causas del deterioro superficial de la madera se debe a los cambios rápidos del contenido de humedad en la capa externa.

Radiación solar: Se comporta degradando los componentes de la madera comenzando por la lignina.

Fuego: En la fase inicial influyen en alto grado, factores como la combustibilidad del material, la facilidad de ignición y el avance de la llama en la superficie de los materiales y en la fase de pleno desarrollo es preferible que los materiales que delimitan la zona del incendio impidan el paso de las llamas y el calor durante el mayor tiempo posible para evitar la propagación.

Esfuerzos mecánicos: Pueden provocar fatiga y pérdida de resistencia en la madera.

Bióticos: La degradación de la madera se puede deber a diferentes causas y es importante saber en cada caso, el principal agente causante de dicha degradación, lo que permitirá elegir el modo de proteger la madera (Arbelo, A. y Garbuyo, E. 2012).

Hongos:

Hongos cromógenos: Se alimentan de las sustancias de reserva de la madera sin afectar su estructura, produciendo un cambio de coloración, la madera toma un color azulado, pero en general no afecta a su resistencia, dado que no altera la pared celular.



Figura N° 6: Coloración azul en la madera. (Demon, 2018)

Hongos de pudrición: Se alimentan de la pared celular, causando una severa pérdida de resistencia, impidiendo cualquier tipo de aplicación, ya que la madera puede desintegrarse por la simple presión de los dedos.

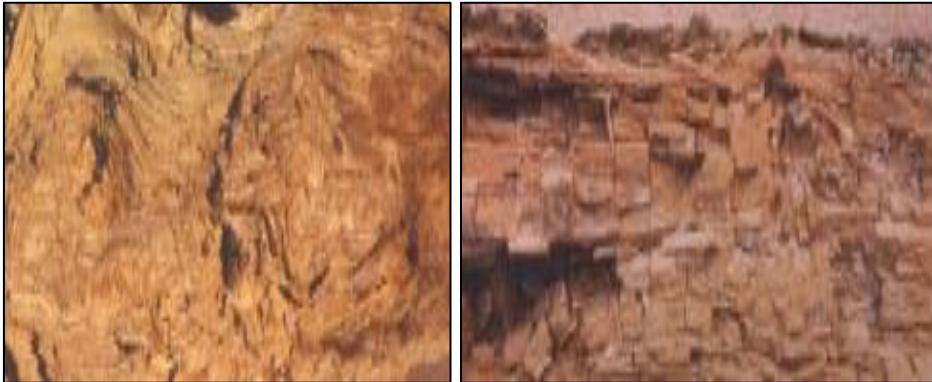


Figura N° 7: Tronco con pudrición blanca - castaña. (Servi, 2018)

Mohos: Tienen una apariencia de algodón fino. Afectan a la madera en su aspecto superficial y se pueden eliminar cepillando la pieza, no causan daños a la resistencia ni a otras propiedades. Si no se eliminan oportunamente puede que la pieza de madera sea fácilmente atacada por hongos de pudrición.



Figura N° 8: Mohos blanco en la madera. (Arbelo, A. y Garbuyo, E. 2012)

Insectos:

Coleópteros: Producen daños en la madera durante su fase larvaria. Se nutren de la propia madera al practicar galerías (que suelen ser paralelas a la fibra). Los más frecuentes son los siguientes:

- ✓ Lícidos (polilla)
- ✓ Curculiónidos (gorgojo)
- ✓ Anóbidos (carcoma)
- ✓ Cerambícidos (carcoma grande)

El más relevante, por los daños que puede producir en las estructuras de los edificios, es la carcoma.



Figura N° 9: Insectos coleópteros (Arbelo, A. y Garbuyo, E. 2012).

Termitas: Este tipo de insectos (isópteros) presentan sociedades rígidamente estructuradas, en la que individuos especializados morfológicamente desempeñan tareas concretas.

- ✓ Reticulitermes lucifugus (termita subterránea)
- ✓ Criptotermis brevis (termita de la madera seca)



Figura N° 10: Termitas reticulitermes - criptotermis.
(Arbelo, A. y Garbuyo, E. 2012).

2.2.8 Preservación de la madera

La preservación de las maderas se refiere a su prevención por un tiempo más o menos prolongado a fin de evitar el ataque o la acción de los agentes que la deterioran y/o destruyen.

Requisitos de un preservante ideal:

- ✓ Ser tóxico para los agentes destructores, ya sea en forma específica o universal.
- ✓ Su acción debe ser permanente, por lo menos durante el tiempo que se le asigne en obra al material utilizado.
- ✓ De fácil penetración en las maderas corrientes.
- ✓ Ser químicamente estable y no descomponerse con el tiempo.
- ✓ Insoluble en agua, por lo menos en el grado de asegurar su permanencia en la madera, frente al lavado por lluvia o humedad del suelo.
- ✓ No ser corrosivo para la madera y los metales comunes.
- ✓ Fácil de manejar, transportar, almacenar y usar.
- ✓ Inocuo para el hombre y los animales domésticos.
- ✓ No aumentar la combustibilidad de la madera.

Clasificación según la acción protectora que realizan:

Insecticidas: Son denominados productos erradicantes, protegen frente a la acción de los insectos xilófagos como el bromuro de metilo (en fumigación), fosfamina (en fumigación), óxido de etileno (en fumigación), DDVP (en nebulización).

Fungicidas: Protegen frente a la acción de hongos xilófagos como el CCA (cromo-cobre-arsénico), CCB (cobre-cromo-boro), boro es tóxico para insectos y hongos pero inofensivo para el hombre; no manchan la madera.

Ignífugos o retardadores del fuego: Protegen frente a la acción del fuego convirtiendo a la madera desde un material combustible, a uno difícilmente combustible. En este grupo se distinguen los que impiden que llegue oxígeno a la madera durante algunos minutos y los que basan su acción ignífuga en que reaccionan con el calor, emitiendo sustancias que acaparan el oxígeno del aire, impidiendo que la madera se quemé.

Los protectores, por su naturaleza química, se clasifican en los siguientes tipos:

Protectores solares: Protectores solares protegen la madera exterior contra los rayos U.V., permiten la respiración de la madera, protegiéndola sin sellar sus vetas.

Protectores hidrosolubles: Son mezclas de sales, de las que algunas tienen propiedades biocidas y otras la función de asegurar la buena fijación de las primeras en la madera, de forma que impidan su pérdida por deslavado e incluso por la acción del calor.

Protectores orgánicos: Son los protectores que con mayor facilidad penetran en la madera, no producen manchas y son compatibles con la mayoría de los barnices de fondo y acabados, lo que hace que sean los más utilizados en la carpintería de terminación. Son aplicados a maderas secas por su característica de no otorgar humedad a ésta.

Protectores naturales: Los más importantes son las creosotas, obtenidas del petróleo y la hulla, que confieren a la madera una protección de muy buena calidad.

Preservadores para aplicar en madera recién aserrada:

- ✓ Tribromofenato de Sodio
- ✓ Ortofenilfenato de Sodio
- ✓ TCMTB
- ✓ Quinolato de Cobre

Preservadores para aplicar en madera seca por métodos no industriales:

- ✓ Tribromofenol
- ✓ TCMTB
- ✓ TBTO
- ✓ IPBC

2.2.9 Modo de procesamiento de listones de madera para su uso

- ✓ Cortes de un tronco de árbol.
- ✓ La primera operación es el apeo o tala, que puede hacerse a mano o con sierra (puede ser eléctrica).
- ✓ El árbol derribado se le quita la rama, la corteza y queda preparado para su transporte al aserradero, donde se efectuará las divisiones en piezas comerciales.
- ✓ Tablas: Pieza de espesor de 2 cm a 5 cm, ancho de 20 cm a 40 cm, y de longitud superior a 100 cm.
- ✓ Tablones: espesor de 5 cm a 10 cm, anchos de 10 cm a 30 cm y longitudes de 2 m a 10 m.
- ✓ Vigas: Piezas de sección rectangular con secciones de 15 cm x 20 cm a 25 cm x 35 cm y largos de 4 m a 10 m.
- ✓ Viguetas: Secciones de 8 cm x 8 cm a 15 cm x 15 cm y longitudes hasta 5 m.
- ✓ Listones: secciones de 5 cm x 8 cm (doble listón) y de 1.5 cm x 2.5 cm a 4 cm x 6 cm en listón corriente y 1.3 cm x 2.5 cm a 2 cm x 4 cm en listoncillos.
- ✓ Chapas: Piezas de 0.2 mm x 5 mm de espesor con ancho y largo variables.

2.2.10 Elementos estructurales de una vivienda de adobe

Vigas - viguetas: Son elementos principales de las estructuras de madera y pueden ser de dos tipos:

Madera aserrada: Constituye el producto básico para la construcción con madera y se obtiene por aserrado del tronco. Las vigas estructurales son de luces pequeñas (de 4m a 6m) o medianas (de 6 m a 17 m).

Madera laminada: Las láminas pueden estar formadas por una o dos tablas en contacto por los cantos, y tienen un espesor comprendido entre 6 mm y 45 mm. Las vigas como elemento estructural para la construcción son de grandes luces libres 30 m a 70 m y en construcciones de luces moderadas 8m a 14 m. (Sánchez, 2018)



Figura N° 11: Vigas y viguetas de madera. (Sánchez, 2018)

Columnas: Es un elemento que trabaja a compresión, cuya longitud es varias veces mayor que su dimensión lateral más pequeña. El tipo de columna de madera que se usa con mayor frecuencia es la columna sólida sencilla, que consiste en una sola pieza de madera que es cuadrada u alargada en la sección transversal. Las columnas sólidas de sección transversal circular también se consideran columnas sólidas simples, pero se usan con menos frecuencia. (Suarez, 2016)



Figura N° 12: Columna de madera (Sánchez, 2016)

Entablados: Son elementos de madera contruidos por tablas largas y gruesas adosadas por sus cantos, generalmente de mayor anchura que la tarima, se fijan con clavos o tornillos directamente sobre un soporte de vigas de madera. (Cluster, 2009)



Figura N° 13: Entablado de madera. (Cluster, 2009)

2.2.11 Defectos de la madera

Según García (2003), nos menciona los siguientes defectos de la madera:

Nudos: Tejidos que se forman en los puntos nudos donde las ramas se unen al tronco. Su existencia puede llegar a provocar grietas en la madera si ésta se ha secado de manera acelerada, e incluso puede hacer que llegue a romperse.

Fibra torcida o revirada: Producidas por no crecer algunas fibras del árbol paralela al eje, si no en forma de hélice. Esta madera solo sirve para pilotes, postes.

Rajaduras: Separación de las fibras que afecta dos rajaduras superficies opuestas.

Grietas o fendas: Separación de las fibras fendas constitutivas de la madera que no alcanza afectar dos superficies opuestas.

Acebolladuras: Son roturas locales de la madera, acebolladuras producidas entre los anillos de crecimiento y a lo largo del eje del árbol, causadas, por esfuerzos que inciden sobre la madera

Alabeos: Deformación que puede experimentar alabeos una pieza de madera en la dirección de sus ejes, longitudinal y transversal o ambos a la vez.

Madera curvada: Es la madera correspondiente a curvada árboles que han crecido de forma inclinada.

2.3 Hipótesis

2.3.1 Planteamiento de la hipótesis

✓ Hipótesis 1

Las diversas formas de la madera disminuyen su humedad, varían en densidad e incrementan su compresión y su flexión.

✓ Hipótesis 2

Los diferentes tipos de madera por su naturaleza y su composición influyen en incrementar sus propiedades en flexión y compresión, aumentando su densidad y disminuyendo su humedad.

CAPITULO III

3 METODOLOGÍA

3.1 Operacionalización de variables

3.1.1 Variable dependiente

- ✓ **Factor A:** Propiedades físicas y mecánicas.

Físicas:

a1 = Humedad %

a2 = Densidad básica g/cm^3

Mecánicas:

a3 = Flexión estática kg/cm^2

a4 = Resistencia a la compresión paralela a la fibra kg/cm^2

3.1.2 Variable independiente

- ✓ **Factor B:** Tipos de madera

b1 = Cachimbo

b2 = Capirona

b3 = Catahua

b4 = Cedro

b5 = Copaiba

b6 = Huayruro

b7 = Ishpingo

b8 = Mohena

b9 = Pino

b10 = Pumaquiro

b11 = Tornillo

b12 = Utucuro.

- ✓ **Factor C:** Forma

c1 = Rectangular

c2 = Cuadrada

c3 = Circular

Tabla 4: Operacionalización de variable dependiente.

| | Variable | Definición operacional | Dimensiones | Indicadores |
|-----------------------|--------------------------------|--|-------------|---|
| Propiedades físicas | Humedad | Cantidad de agua dentro de un material | Física | Peso (kg) Porosidad (%) Absorción (%) |
| | Densidad básica | Es la razón entre el peso y el volumen | Física | Peso(kg) Volumen (m ³) |
| Propiedades mecánicas | Flexión estática | Límite de resistencia de un material | Mecánica | Fuerza (kN) Desplazamiento (cm) |
| | Compresión paralela a la fibra | Es la capacidad para soportar una carga por unidad de área bruta | Mecánica | Carga de rotura (kg) Área bruta (cm ²) |

3.2 Diseño de investigación

✓ **Según propósito del estudio:**

Experimental: El investigador tiene el manejo de la variable independiente, ya que puede manipularla.

✓ **Según cronología de las observaciones:**

Prospectivo: La recolección se realiza luego de planificar el estudio.

✓ **Según el número de mediciones:**

Transversal: En este tipo de diseño los individuos son observados únicamente una vez. Lo cual se empleó para los ensayos de densidad básica, flexión estática y compresión paralela a la fibra.

Longitudinales: En este diseño se realiza más de una medición se empleó para los ensayos de humedad

Tabla 5: Diseño de matriz de variables.

| | c= formas | | | |
|--------------------|-----------|-------|-------|-------|
| | b | c | c1 | c2 |
| b= tipos de madera | b1 | b1c1 | b1c2 | b1c3 |
| | b2 | b2c1 | b2c2 | b2c3 |
| | b3 | b3c1 | b3c2 | b3c3 |
| | b4 | b4c1 | b4c2 | b4c3 |
| | b5 | b5c1 | b5c2 | b5c3 |
| | b6 | b6c1 | b6c2 | b6c3 |
| | b7 | b7c1 | b7c2 | b7c3 |
| | b8 | b8c1 | b8c2 | b8c3 |
| | b9 | b9c1 | b9c2 | b9c3 |
| | b10 | b10c1 | b10c2 | b10c3 |
| | b11 | b11c1 | b11c2 | b11c3 |
| | b12 | b12c1 | b12c2 | b12c3 |

3.3 Unidad de estudio

La madera

3.4 Población

Estuvo conformada por 288 unidades experimentales según el tipo de madera: cachimbo, capirona, catahua, cedro, copaiba, huayruro, ishpingo, mohena, pino, pumaquiro, tornillo, utucuro, y formas como: rectangular, cuadrada y circular.

Tabla 6: Cantidad de unidades experimentales

| Tipos | Humedad | Densidad básica | Ensayos | |
|------------------|---------|-----------------|------------------|--------------------------------|
| | | | Flexión estática | Compresión paralela a la fibra |
| Cachimbo | 3 | 3 | 9 | 9 |
| Capirona | 3 | 3 | 9 | 9 |
| Catahua | 3 | 3 | 9 | 9 |
| Cedro | 3 | 3 | 9 | 9 |
| Copaiba | 3 | 3 | 9 | 9 |
| Huayruro | 3 | 3 | 9 | 9 |
| Ishpingo | 3 | 3 | 9 | 9 |
| Mohena | 3 | 3 | 9 | 9 |
| Pino | 3 | 3 | 9 | 9 |
| Pumaquiro | 3 | 3 | 9 | 9 |
| Tornillo | 3 | 3 | 9 | 9 |
| Utucuro | 3 | 3 | 9 | 9 |
| Sub total | 36 | 36 | 108 | 108 |
| Total | | | 288 | |

3.5 Muestreo (muestra)

Al ser una investigación experimental de 288 unidades experimentales, la población es conocida, accesible y alcanzable lo cual no fue necesario acudir a la técnica de muestreo ya que se evaluó a la población en su totalidad.

3.6 Tamaño de muestra

Nuestro diseño de experimento es no probabilístico por juicio, se desarrolló conforme al RNE E010 norma del reglamento nacional de edificaciones, que establece como mínimo para el número de réplicas por cada tipo de madera será de 3 muestras, para conseguir el intervalo de confianza del valor medio de $\pm 10\%$ con una seguridad estadística del 95%, según nos indica el RNE E010 por especie seleccionadas al azar.

El número total de ensayos hechos:

Físicas: densidad básica y humedad

$$\begin{aligned} \text{N}^\circ \text{ ensayos} &= \text{V.D} \times \text{V.I} \times \text{replicas} \\ &= 2 \times 12 \times 3 = 72 \end{aligned}$$

Mecánicas: flexión estática y compresión paralela a la fibra

$$\begin{aligned} \text{N}^\circ \text{ ensayos} &= \text{V.D} \times \text{V.I} \times \text{replicas} \\ &= 2 \times (12 \times 3) \times 3 = 216 \end{aligned}$$

Donde:

V.I = Variable independiente

V.D = Variable dependiente

3.7 Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

3.7.1 Técnicas de recolección y análisis de datos

| Técnicas | Instrumentos |
|-------------------|-----------------------|
| Observación | Hojas de observación |
| Análisis de datos | Gráficos estadísticos |

- ✓ Se utilizó la técnica de observación porque de esa manera haremos la recolección de datos e información utilizando todos nuestros sentidos para observar los cambios en las muestras.
- ✓ Se optó por utilizar los gráficos estadísticos como método de análisis de la información recolectada pues de esa manera podemos comparar mediante los gráficos el comportamiento de nuestras variables y nos permite hacer un análisis más detallado.

3.7.2 Instrumento de recolección de datos

El instrumento empleado para la recolección de datos fue la guía de observación, el cual permite recolectar información al momento de realizar los ensayos de humedad, densidad básica, flexión estática y compresión paralela a la fibra en las madera.

GUÍA DE OBSERVACIÓN: Tipos de madera, Trujillo 2018

Autores:

- Bocanegra Lopez Carol Martina
- Paredes Altamirano, Luisa Onelia

1. DATOS INFORMATIVOS:

- 1.1. Nombre del investigador:
Carol Bocanegra
Luisa Altamirano
- 1.2. Ubicación: Trujillo
- 1.3. Fecha de la Observación:
N°1
- 1.4. Hora de la observación: 8.30
am

2. DATOS ESPECÍFICOS:

2.1. Tipos de madera:

- a) Cachimbo
- b) Capirona
- c) Catahua
- d) Cedro
- e) Copaiba
- f) Huayruro
- g) Ishpingo
- h) Mohena
- i) Pino
- j) Pumaquiro
- k) Tornillo
- l) Utucuro

2.2. Formas:

- a) Cuadradas
- b) Circulares
- c) Rectangulares

2.3. Tipo de fallas:

- a) Aplastamiento
- b) División en cuña
- c) Cizallamiento
- d) División
- e) Compresión y cizallamiento
- f) Deslizamiento de extremos

2.4. Peso:

- a) Ligero
- b) Pesado

2.5. Medidas:

- a) Se contrae
- b) Se expande

2.6. ¿Cuánto afecta los deterioros?:

- a) Mucho
- b) Poco
- c) Nada

2.7. Causas de los deterioros:

- a) Poca resistencia
- b) Mucha resistencia
- d) Otros

3.7.3 Procedimientos de recolección de datos

3.7.3.1 Proceso experimental

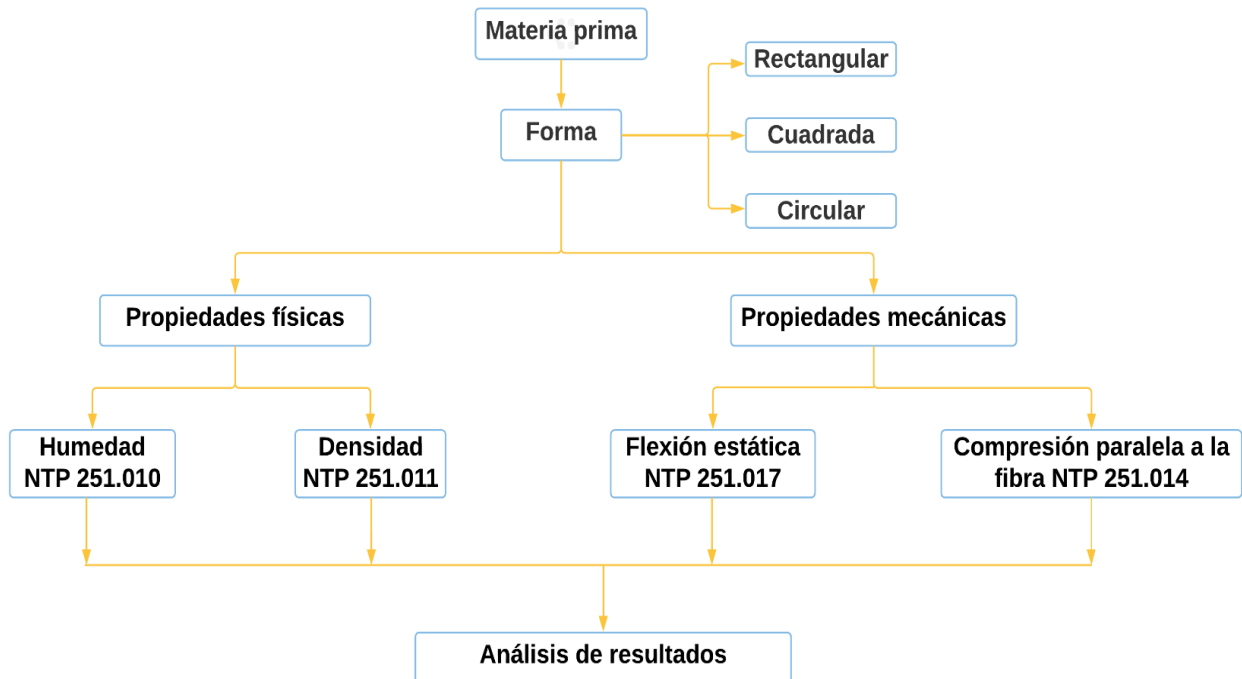


Figura N° 14: Proceso experimental.

3.7.3.2 Propiedades físicas y mecánicas

3.7.3.2.1 Ensayo de humedad. (NTP: 251.010:2014)

Se utilizará el método de secado, tomando un horno eléctrico con termostato y una balanza de precisión de 0.1 gramos con capacidad de 500 gramos.

Se tomará una muestra de la parte central y de la zona más próxima a la falla de las muestras a ensayo a flexión estática, preparando las 3 muestras por los 12 tipos de maderas estudiada consistentes en prismas rectos de 3 cm por 2 cm de sección transversal y 10 cm de longitud de la parte central ya que es la zona donde se concentra el mayor momento flector y de la zona más próxima a la falla.

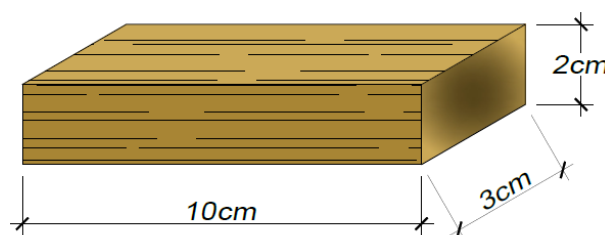


Figura N° 15: Muestra para ensayo de humedad.

Se pesa las muestras m_1 en la balanza y se colocan en el horno a $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por no menos de 24 horas. Se retiran del horno las muestras m_2 , se dejan enfriar y se pesan. Se repetirá el proceso hasta alcanzar un peso constante.

Para determinar el CH, valor del contenido de humedad se obtiene aplicando la fórmula siguiente:

$$\text{CH}\% = \frac{(m_1 - m_2)}{m_2} \times 100 \quad \text{Ec. (1)}$$

Donde:

CH = Es el contenido de humedad (%)

m_1 = masa de la muestra antes del secado en estufa (gr)

m_2 = masa de la muestra después del secado en estufa (gr)

Tabla 7: Contenido de humedad de la madera.

| Nombre | Código | Peso inicial m_1 (gr) | Peso final m_2 (gr) | CH % | Promedio (gr) |
|----------------|-----------|-------------------------|-----------------------|------|---------------|
| Tipo de madera | Muestra 1 | | | | |
| 1 | Muestra 2 | | | | |
| | Muestra 3 | | | | |

Tabla 8: Rangos de humedad de la madera. (Sibille, 2010)

| Grupo | Humedad % | Calificación |
|-------|-------------|--------------|
| I | ≤ 7 | Muy baja |
| II | 7.1 – 10 | Baja |
| III | 10.1 – 13 | Media |
| IV | 13.1 – 15 | Alta |
| V | ≥ 15.1 | Muy alta |

3.7.3.2.2 Ensayo de densidad básica. (NTP: 251.011:2014)

Se prepararan 3 muestras por cada 12 tipos de madera estudiadas, en prismas rectos de 3 cm por 3 cm de sección transversal y 10 cm de longitud, siendo un total de 36 muestras consistentes.

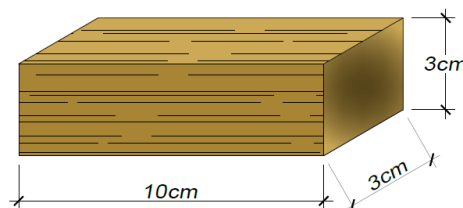


Figura N° 16: Muestra para ensayo de densidad básica

Se determinara el peso (P) de la muestra en gramos por lectura directa en la balanza.

Luego se determinara el volumen (V) de la muestra por medición directa.

La medición directa: se realizara midiendo las muestras geométricas con la precisión requerida, tomando el ancho (b) en cm; la altura (h) en cm y la longitud (l) en cm. El valor del volumen se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

$$V = b \times h \times l \text{ (cm}^3\text{)} \quad \text{Ec. (2)}$$

Las muestras son sometidas a un secado previo en un horno bien ventilado a una temperatura de $103 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ hasta alcanzar peso constante, aumentando la temperatura gradualmente ($40 \text{ }^\circ\text{C}$, $60 \text{ }^\circ\text{C}$, $80 \text{ }^\circ\text{C}$, $103 \text{ }^\circ\text{C}$).

Para determinar el peso de la muestra anhidro en gramos se deberá enfriar para evitar la absorción de la humedad del ambiente, el peso se obtiene por lectura directa en la balanza con la exactitud requerida.

Para calcular la densidad básica de acuerdo al peso anhidro de la muestra y al volumen en estado saturado (medición directa), se utilizaron los resultados obtenidos en determinación del peso y determinación del volumen.

$$D = \frac{P}{V} \text{ (g/cm}^3\text{)} \quad \text{Ec. (3)}$$

Tabla 9: Densidad básica de la madera.

| Nombre | Código | Peso (gr) | Volumen (cm ³) | Densidad (gr/cm ³) | Promedio (gr/cm ³) | Grupo |
|------------------|-----------|-----------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|
| Tipo de madera 1 | Muestra 1 | | | | | |
| | Muestra 2 | | | | | |
| | Muestra 3 | | | | | |

Tabla 10: Rangos de densidad básica de la madera. (RNE E0.10)

| Grupo | Densidad g/cm ³ | Clasificación |
|-------|----------------------------|---------------|
| I | $\geq 0,71$ | Alta |
| II | 0,56 a 0,70 | Media |
| III | 0,40 a 0,55 | baja |

3.7.3.2.3 Ensayo de flexión estática (NTP 251.017)

Se considera dimensiones de las 3 formas geométricas de las muestras a ensayar:

- ✓ Muestras cuadradas: 2.5 cm x 2.5 cm x 38 cm
- ✓ Muestras rectangulares: 2 cm x 3 cm x 38 cm
- ✓ Muestras circulares: \varnothing 2 cm x 38 cm

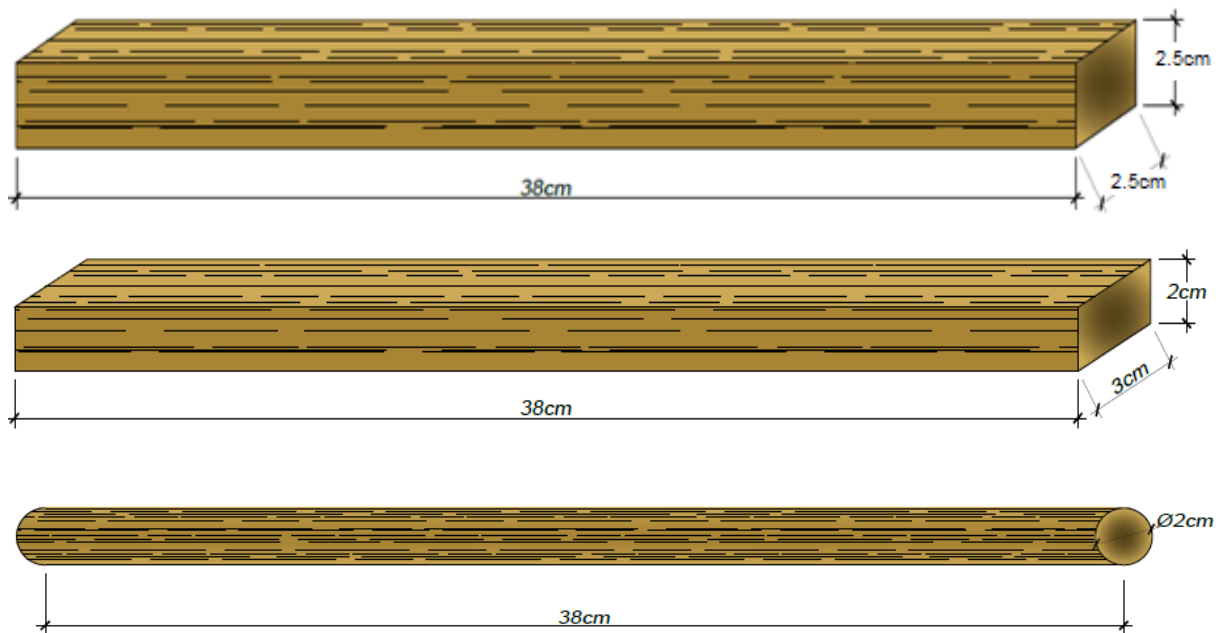


Figura N° 17: Muestras para ensayo de flexión estática.

El número de muestras que se ensayara son 108 que consta de 3 muestras por las 3 formas geométricas de madera (cuadrada, rectangular y circular) por los 12 tipos de madera a estudiar (cachimbo, capirona, catahua, cedro, copaiba, huayruro, ishpingo, mohena, pino, pumaquiro, tornillo, utucuro).

Se tomara las dimensiones (A x H x L) con un vernier a cada muestra (3 cuadradas, 3 rectangulares, 3 circulares, de los 12 tipos de maderas analizadas) para obtener mayor presión.

Con la ayuda del vernier y una regla metálica indicaremos el centro de luz de cada muestra y la distancia lateral de 30 mm entre soportes extremos para ser ensayados.

Se aplicara a la muestra una carga en la cara tangencial más cercana a la médula a una velocidad de 2.0 mm/min. Utilizando el equipo MULTISPEED de 50 kN Automatic Compression Tester para nuestros ensayos.

Obtendremos los resultados que el equipo nos arrojará y será extraído por un USB para su análisis respectivo.

Retiraremos la muestra del equipo y observamos el tipo de fractura obtenida.

Para efectos de cálculos del ensayo a flexión, el equipo empleado (MULTISPEED de 50 kN Automatic Compression Tester), dispone de dispositivos capaces de registrar automáticamente la curva esfuerzo – deformación de cada muestra ensayada.

Para determinar el cálculo del módulo de ruptura - se conoce como análisis teóricos la fórmula siguiente:

$$MOR_{\square} = \frac{3PL}{2ae^2} \text{ kg/cm}^2 \quad \text{Ec.(4)}$$

$$MOR_{\odot} = \frac{PL}{\pi r^3} \text{ kg/cm}^2 \quad \text{Ec.(5)}$$

Donde:

P = Carga máxima (kg)

L = Distancia entre los soportes, luz de la muestra 32 cm

a = Ancho de la muestra (cm)

e = Espesor de la muestra (cm)

π = Pi

r = Radio de la muestra (cm)

Para la obtención de nuestros cálculos del módulo de ruptura (MOR), se empleó la curva esfuerzo – deformación, identificando el valor máximo de cada tipo de madera.

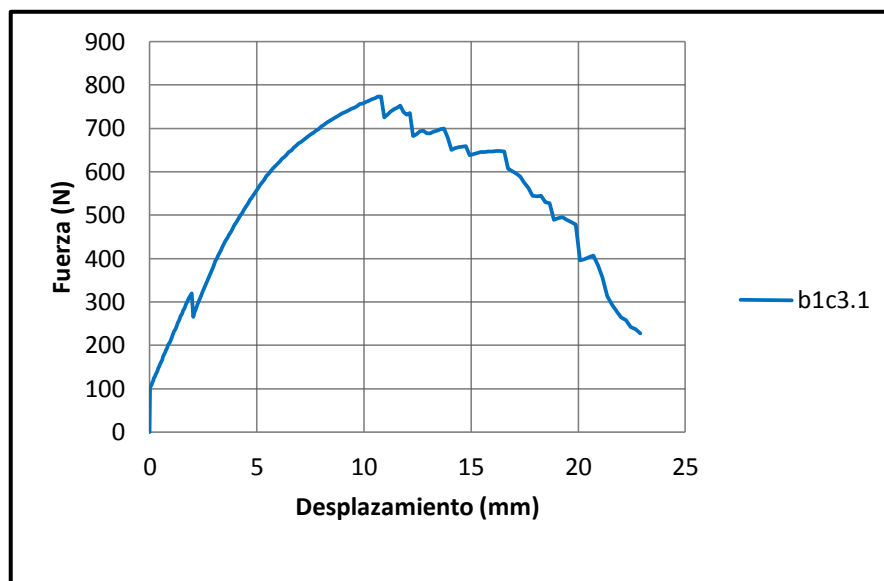


Figura N° 18: Obtención resultados de ensayo a flexión estática

Tabla 11: Flexión estática de la madera

| Tipo | Tipo de madera | Forma | Flexión (kg/cm ²) |
|------|----------------|-------|-------------------------------|
| | | | |
| | | | |

Tabla 12: Rangos de flexión estática. (Sibille, 2010)

| Grupo | Flexión estática kg/cm ² | Calificación |
|-------|--|--------------|
| I | ≤ 300 | Muy baja |
| II | 300 – 500 | Baja |
| III | 501 – 800 | Media |
| IV | 801 – 1000 | Alta |
| V | ≥ 1000 | Muy alta |

3.7.3.2.4 Ensayo de compresión paralela a la fibra (NTP 251.014)

Para determinar la compresión paralela a la fibra o compresión axial, la norma correspondiente es NTP 251.014 y las consideraciones para este ensayo son las siguientes:

Se considera dimensiones de las 3 formas geométricas de las muestras a ensayar:

- ✓ Muestras cuadradas: 5 cm x 5 cm x 20 cm
- ✓ Muestras rectangulares: 4 cm x 5 cm x 20 cm
- ✓ Muestras circulares: Ø 5 cm x 20 cm

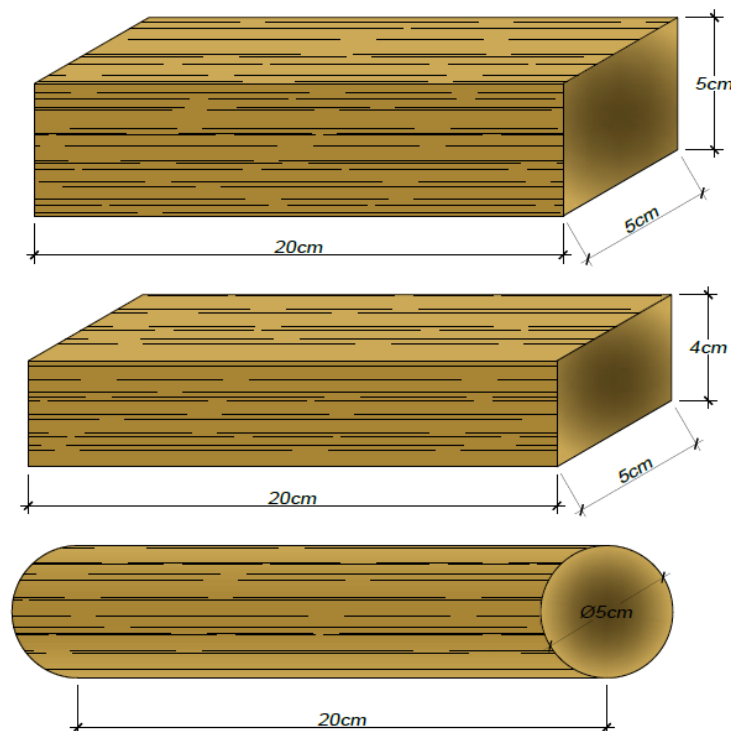


Figura N° 19: Muestras para ensayo de compresión paralela a la fibra.

Las medidas y superficie de la muestra deben ser muy precisas, por la exactitud de este tipo de ensayo.

El número de las muestras a ensayar son 108 que consta de 3 muestras por las 3 formas de madera (cuadrada, rectangular y circular) por los 12 tipos de madera a estudiar (cachimbo, capirona, catahua, cedro, copaiba, huayruro, ishpingo, mohena, pino, pumaquiro, tornillo, utucuro)

Método y forma de acondicionamiento se ha considerado un acondicionamiento no estricto, sino la de un secado al aire en condiciones normales de trabajo.

Se tomara las dimensiones (A x H x L) con un vernier a cada muestra (3 rectangulares, 3 cuadradas, 3 circulares, de los 12 tipos de maderas analizadas) para obtener mayor presión.

La carga que se aplicara sobre las bases del prisma, es decir sobre una de las caras transversales de la muestra. La carga debe aplicarse en forma continua durante todo el ensayo, a razón de 0,6 mm/min. Se utilizara una prensa hidráulica de 200000 lb de capacidad.

Los resultados en este ensayo se realizaran los siguientes cálculos:

Resistencia máxima a la compresión axial. - Se calcula con la siguiente fórmula:

$$MR = \frac{P}{A} \text{ kg/cm}^2 \text{ Ec. (6)}$$

Donde:

MR = Es el resistencia máxima por compresión axial, en kg/cm^2 .

P = Es la carga máxima soportada por la muestra en kg.

A = Área de sección de la muestra en cm^2 .

Tabla 13: Compresión paralela a la fibra.

| Nombre | Código | Forma | Fuerza (KN) | Resistencia (Mpa) | Resistencia (kg/cm^2) | Clasificación |
|------------------|--------|-----------|-------------|-------------------|----------------------------------|---------------|
| | | Muestra 1 | | | | |
| Tipo de madera 1 | | Muestra 2 | | | | |
| | | Muestra 3 | | | | |

Tabla 14: Rangos de compresión paralela a la fibra (Sibille, 2010)

| Grupo | Compresión paralela a la fibra (kg/cm ²) | Calificación |
|-------|--|--------------|
| I | ≤ 120 | Muy baja |
| II | 120 – 240 | Baja |
| III | 241 – 360 | Media |
| IV | 361 – 480 | Alta |
| V | ≥ 480 | Muy alta |

3.8 Métodos y procedimientos de análisis de datos

El método estadístico correspondió: para las propiedades mecánicas a un diseño bifactorial (tipo de madera y forma) y para las físicas a un diseño de un solo factor (tipo de madera), con 3 repeticiones para ambos casos. Primeramente se evaluó la normalidad mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov, al cumplirse este supuesto, se verificó un análisis de varianza (ANOVA), y a continuación, al existir diferencias significativas ($p < 0.05$) se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey la cual comparó los resultados mediante la formación de subgrupos y se determinó de esta manera el mejor tratamiento. Para las variables que no cumplieron el supuesto de normalidad se aplicó la prueba no-paramétrica de Kruskal-Wallis. Todos los análisis estadísticos se realizaron con un nivel de confianza del 95%. Para procesar los datos y figuras se utilizó el software especializado Minitab versión 17.0.

3.8.1 Prueba de normalidad:

La prueba de Kolmogorov-Smirnov indica que los residuales de la variable flexión estática se distribuyen normalmente ($p > 0.05$); caso contrario ocurrió para compresión paralela a la fibra, humedad y densidad básica.

| | | |
|----------------|------------|--|
| H ₀ | $p > 0.05$ | Los residuales se distribuyen normalmente |
| H _a | $p < 0.05$ | Los residuales no se distribuyen normalmente |

Tabla 15: Prueba Kolmogorov-Smirnov

| Variable | Kolmogorov-Smirnov | p |
|--------------------------------|--------------------|-------|
| Flexión estática | 0.045 | 0.200 |
| Compresión paralela a la fibra | 0.150 | 0.000 |
| Humedad | 0.287 | 0.000 |
| Densidad básica | 0.326 | 0.000 |

3.8.2 Prueba de hipótesis:

Luego de haber evaluado y verificado la prueba de normalidad de los datos de las variables dependientes por medio de la prueba de Kolmogorov – Smirnov, se procede a utilizar la prueba.

Los criterios para tomar en cuenta la decisión estadística son:

- ✓ Si la probabilidad obtenida $p > 0.05$ se acepta la hipótesis H_0
- ✓ Si la probabilidad obtenida $p < 0.05$ se rechaza la hipótesis H_0

Tabla 16: Prueba hipótesis específica 1:

| H | Flexión estática |
|-------|--|
| H_0 | Indica que los residuales de la variable flexión estática se distribuyen normalmente ($p > 0.05$), se acepta la hipótesis. |

Tabla 17: Prueba hipótesis específica 2:

| H | Compresión paralela a la fibra |
|-------|--|
| H_0 | Indica que los residuales de la variable compresión paralela a la fibra no se distribuyen normalmente ($p < 0.05$), no se acepta la hipótesis. |

Tabla 18: Prueba hipótesis específica 3:

| H | Humedad |
|-------|---|
| H_0 | Indica que los residuales de la variable humedad no se distribuyen normalmente ($p < 0.05$), no se acepta la hipótesis. |

Tabla 19: Prueba hipótesis específica 4:

| H | Densidad básica |
|-------|---|
| H_0 | Indica que los residuales de la variable densidad básica no se distribuyen normalmente ($p < 0.05$), no se acepta la hipótesis. |

3.8.3 Datos previos para el análisis de varianza

3.8.3.1 Grados de libertad

- ✓ Grados de libertad de las variable tipos de madera (A)
G.L. = $a - 1$
- ✓ Grados de libertad de la variable formas (B):
G.L. = $b - 1$

- ✓ Grados de libertad de las variables (A) x (B)

$$G.L. = (a - 1) \times (b - 1)$$

- ✓ Grados de libertad del error.

$$G.L. = (a \times b) \times (r - 1)$$

Donde:

a = número de niveles de la variable (A).

b = número de niveles de la variable (B).

r = número de réplicas.

3.8.3.2 Nivel de significancia

La significancia se trabaja con un 95 % como nivel de confianza ($\alpha = 0.05$), debido a que es un nivel de confianza habitual en investigaciones experimentales, y es un compromiso entre formular premisas con la probabilidad de acertar.

3.8.3.3 Criterio de rechazo

La hipótesis alterna (H_1) se acepta si $F_0 > F_{\alpha, (n-1), (nx(r-1))}$

- ✓ F_0 se obtiene experimentalmente.
- ✓ $F_{\alpha, (n-1), (nx(r-1))}$ se obtiene mediante tablas estadísticas.

Donde:

n = número de niveles.

r = número de réplicas.

3.8.4 Análisis de varianza

El análisis de varianza se puede ver como el proceso de partición de la suma total de cuadrados y los grados de libertad en sus fuentes correspondientes: tratamientos y error. Al dividir las sumas de cuadrados entre los correspondientes grados de libertad, se obtienen las estimaciones de la varianza, el valor de F y el valor-p empleados en la prueba de hipótesis de igualdad entre las medias poblacionales.

- ✓ *Cuadrado medio debido a los tratamientos:*

$$CMTR = \frac{SCTR}{k-1} \quad \text{Ec. (7)}$$

Donde:

SCTR = Suma de cuadrados del tratamiento

CMTR = Cuadrado medio del tratamiento

k = Número de tratamientos

- ✓ *Suma de cuadrados debido a los tratamientos:*

$$SCTR = \sum_{j=1}^k n_j (\bar{x}_j - \bar{x})^2 \quad \text{Ec. (8)}$$

Donde:

SCTR = Suma de cuadrados del tratamiento

\bar{x}_j = media muestral del tratamiento j-ésimo

\bar{x} = media muestral general

- ✓ *Cuadrado medio debido al error:*

$$CME = \frac{SCE}{n_T - k} \quad \text{Ec. (9)}$$

Donde:

CME = Cuadrado medio del error

SCE = Suma total de cuadrados

n_T = Tamaño muestral total ($n_T - k$)

k = Número de tratamientos

- ✓ *Suma de cuadrados debido al error:*

$$SCE = \sum_{j=1}^k n_j (s_j^2 - 1) \quad \text{Ec. (10)}$$

Donde:

CME = Cuadrado medio del error

SCE = Suma total de cuadrados

- ✓ *Estadístico de prueba para la igualdad de k medias poblacionales:*

$$F = \frac{CMTR}{CME} \quad \text{Ec. (11)}$$

Donde:

CMTR = Cuadrado medio del tratamiento

CME = Cuadrado medio del error

- ✓ *Suma total de cuadrados:*

$$STC = \sum_{i=1}^b \sum_{j=1}^k (x_{ij} - \bar{x})^2 \quad \text{Ec. (12)}$$

Donde:

STR = Suma del tratamiento

x_{ij} = valor de la observación correspondiente al tratamiento j en el bloque

\bar{x} = media muestral general

Para determinar la varianza de nuestros ensayos, empleo la tabla ANOVA:

Tabla 20: Análisis estadístico ANOVA

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F |
|---------------------|--------------------|-------------------|-----------------------------|--------------------|
| Tratamiento | $k - 1$ | $SCTR$ | $CMTR = \frac{SCTR}{k - 1}$ | $\frac{CMTR}{CME}$ |
| Error | $n_T - k$ | SCE | $CME = \frac{SCE}{n_T - k}$ | |
| Total | $n_T - 1$ | STC | | |

Donde:

$SCTR$ = Suma de cuadrados del tratamiento

SCE = Suma del error

STC = Suma total de cuadrados

$CMTR$ = Cuadrado medio del tratamiento

CME = Cuadrado medio del error

k = Número de tratamientos

n_T = Tamaño muestral total ($n_T - k$)

3.8.5 Prueba tukey

Una prueba que nos permite evaluar dicha diferenciación es la prueba de Tukey, que mide la diferencia de los valores de la media de dos grupos en términos de la varianza intragrupal. Cuando realizamos un análisis de varianza, un valor de F significativo nos indica que no todas las condiciones producen el mismo efecto sobre la variable independiente. Con el fin de tener mayores elementos para la toma de decisiones es importante saber dónde se encuentran dichas diferencias significativas y si éstas siguen unas tendencias que nos permitan una mejor toma de decisiones.

✓ *Tukey-kramer:*

$$W_{ij} = q \times \sqrt{\frac{CME}{2} \left[\frac{1}{r_i + r_j} \right]} \quad \text{Ec. (13)}$$

Donde:

W_{ij} = Comparador para el par de tratamientos i, j

q = Valor de la tabla de Tukey, con grados de libertad de tratamientos y grados de libertad del error

CME = Cuadrado medio del error

r_i, r_j = Son las repeticiones de los tratamientos i, j

q : es un valor que se obtiene de una tabla (Tabla de Tukey), de manera parecida a la tabla de F. Horizontalmente se colocan los grados de libertad de los tratamientos y

verticalmente los grados de libertad del error. Solamente existen tablas para niveles de significancia del 5% y del 1%.

3.8.6 Prueba no paramétricas

La prueba no-paramétrica de Kruskal-Wallis indica que existió diferencias significativas ($p < 0.05$) en referencia a densidad básica, humedad y compresión paralela.

H₀ $p > 0.05$ Todas las medianas son iguales
 H_a $p < 0.05$ Al menos una mediana es diferente

Tabla 21: Pruebas no paramétricas de densidad básica y humedad.

| Variable | Grados de libertad | Valor H | p |
|-----------------|--------------------|---------|-------|
| Densidad básica | 11 | 29.310 | 0.002 |
| Humedad | 11 | 30.690 | 0.001 |

Tabla 22: Pruebas no paramétricas de compresión paralela a la fibra

| Variable | Grados de libertad | Valor H | p |
|--------------------------------|--------------------|---------|-------|
| Compresión paralela a la fibra | 35 | 98.500 | 0.000 |

3.8.7 Desviación estándar

Es una medida de dispersión de variables, muy usada en trabajos de investigación. La desviación estándar nos da como resultado un valor numérico que representa el promedio de diferencia que hay entre los datos y la media. Para calcular la desviación estándar es necesario sacar la raíz a la varianza.

Los datos de la varianza de cada ensayo se reemplazan en la formula siguiente para determinar la desviación estándar:

Desviación estándar:

$$DS = \sqrt{\sigma^2} \text{ Ec. (14)}$$

Donde:

σ^2 = Varianza

CAPITULO IV

4. RESULTADOS

4.1 Humedad

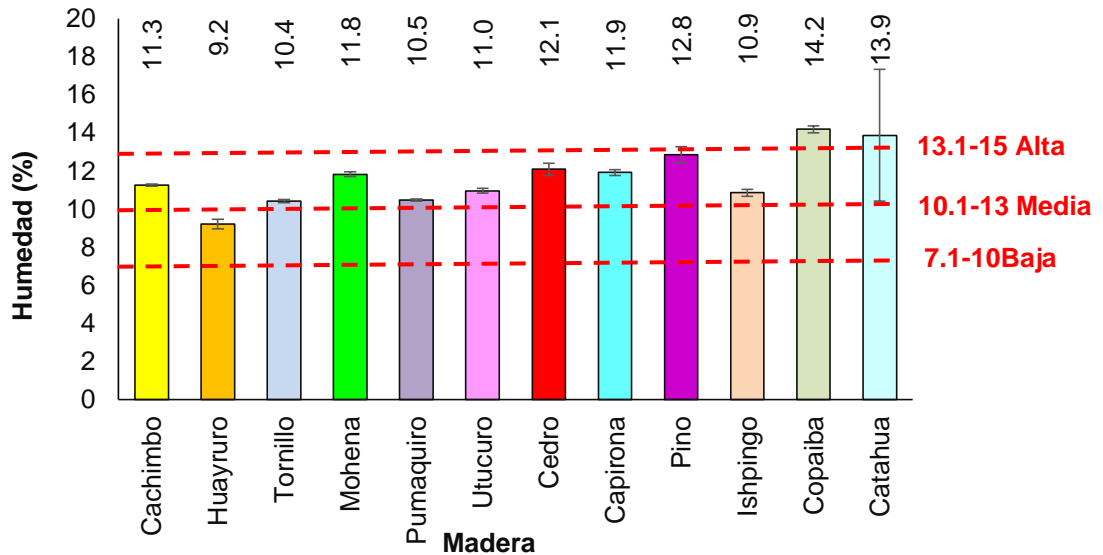


Figura N° 20: Ensayo de humedad de las maderas.

4.2 Densidad básica

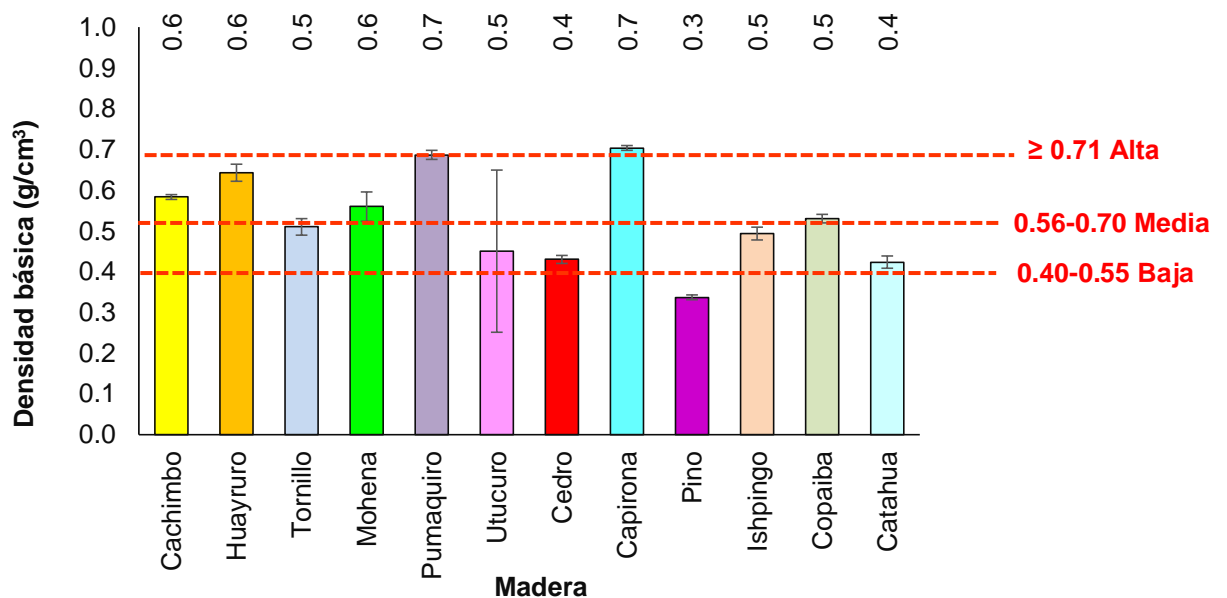


Figura N° 21: Ensayo de densidad básica de la madera.

4.3 Flexión estática

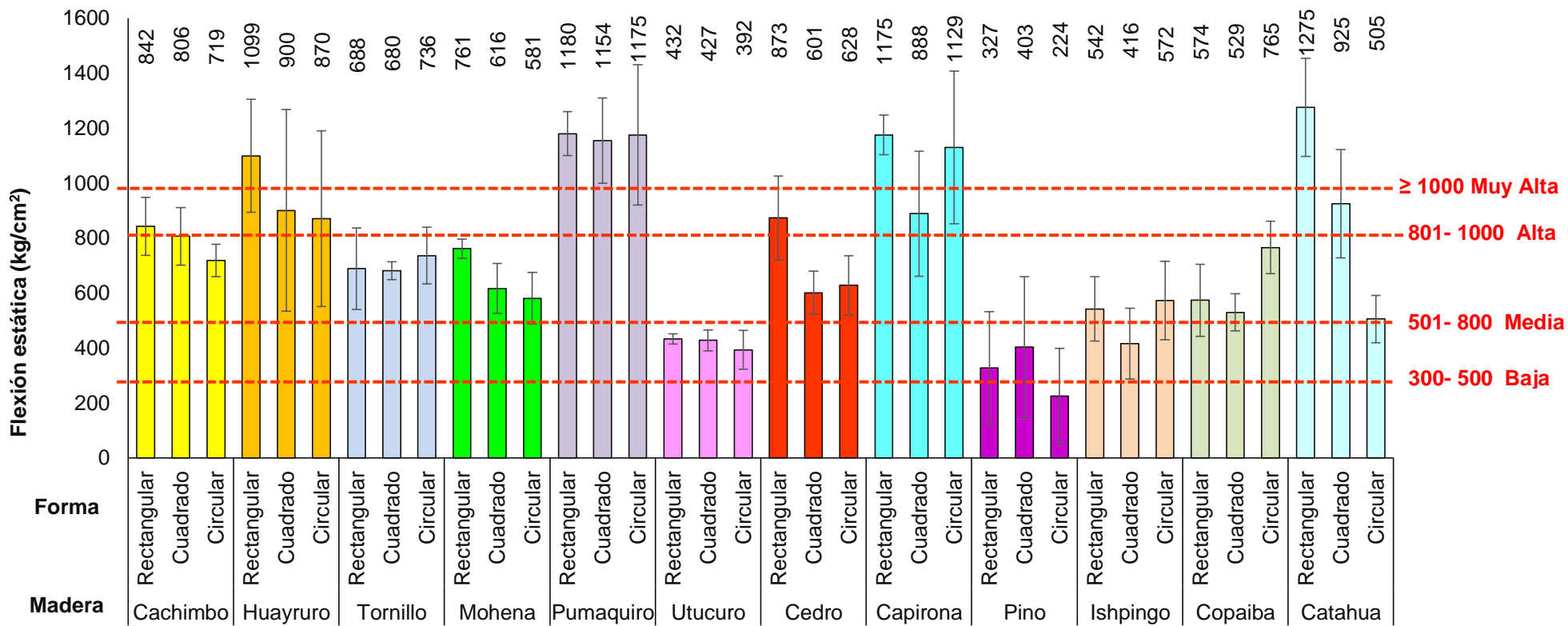


Figura N° 22: Ensayo de flexión estática

4.4 Compresión paralela a la fibra

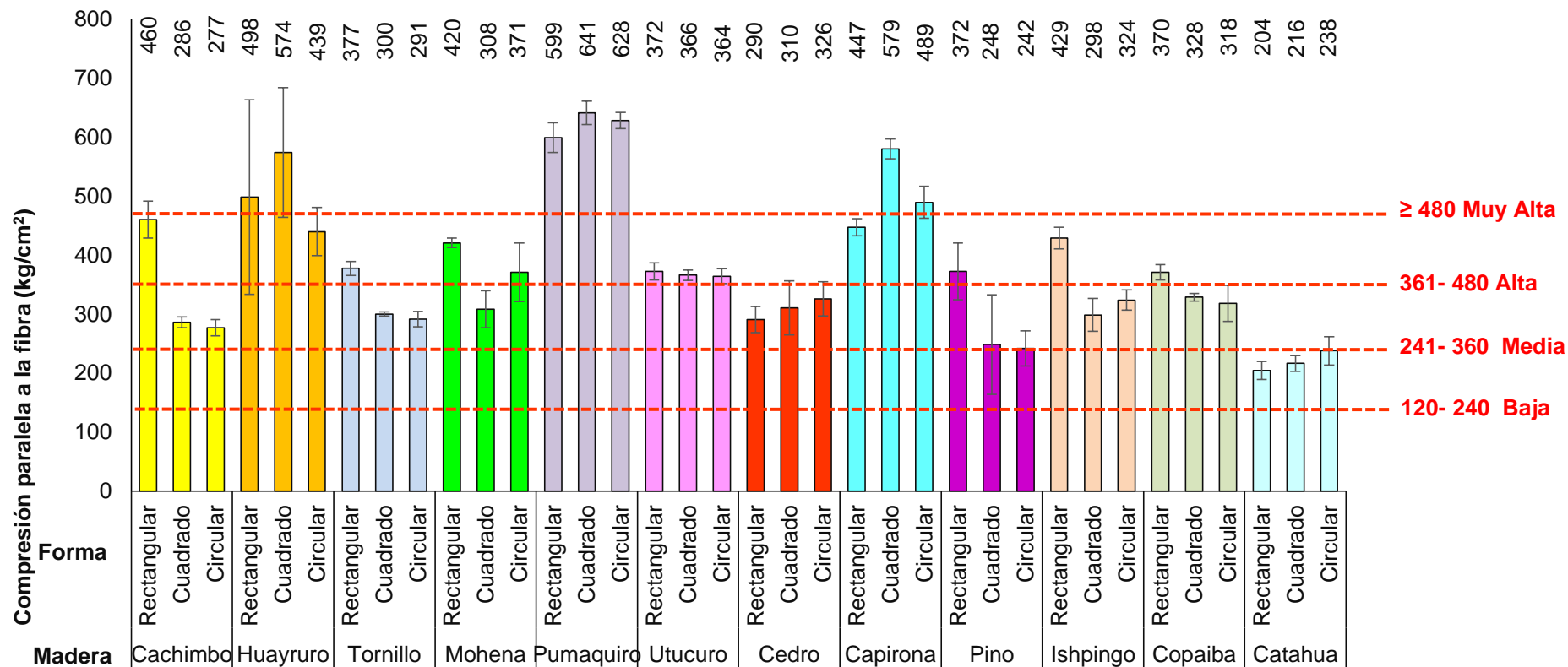


Figura N° 23: Ensayo de compresión paralela la fibra.

4.5 Costos de los tipos de madera analizados.

Tabla 23: Costos de los tipos de madera comercializados en Trujillo

| Tipos de madera | Descripción | Precio |
|-----------------|-------------|--------|
| | | S/. |
| | Cachimbo | 4.00 |
| | Capirona | 4.00 |
| | Catahua | 2.70 |
| | Cedro | 12.00 |
| | Copaiba | 4.00 |
| | Huayruro | 4.80 |
| | Ishpingo | 5.50 |
| | Mohena | 5.20 |
| | Pino | 3.00 |
| | Pumaquiro | 6.80 |
| | Tornillo | 5.80 |
| | Utucuro | 3.80 |

CAPITULO V

5. DISCUSIÓN

El propósito de la investigación es evaluar las formas y tipos de maderas más comerciales de la ciudad de Trujillo, para ello fue necesario realizar ensayos físicos como: humedad y densidad básica; mecánicos como: flexión estática y compresión paralela a la fibra de la madera. Cada uno de los ensayos realizados se basó de acuerdo a los lineamientos que establecen en las normas técnicas peruanas (NTP), el Reglamento Nacional de Edificaciones de la Norma (E.010) y el manual de diseño para maderas del grupo andino.

5.1 Análisis propiedades físicas

5.1.1 Humedad

En la tabla 8 se observa los rangos de clasificación de las maderas de contenido de humedad elaborado por Sibille donde en el grupo I contiene humedad mayor o igual al 7% con clasificación muy baja, grupo II se encuentra entre 7.1% – 10% con clasificación baja, grupo III se encuentra entre 10.1% – 13% con clasificación media, grupo IV se encuentra entre 13.1% – 15% con clasificación alta, y grupo V se encuentra con valores mayores o iguales al 15.1% con clasificación muy alta, así verificamos si los resultados obtenidos en nuestros ensayos se asemejan a los que se encuentran en la norma o estudios ya realizados.

En la figura N° 20, se observa el contenido de humedad; de la madera cachimbo de 11.3%, respectivamente, encontrándose en el grupo III, estos valores indican que es una madera de clasificación media, presenta contracciones lineales bajas y la contracción volumétrica estable; seca rápidamente al aire libre, alcanzando un contenido de humedad del 11%, en menos de 6 días y con poca tendencia a torceduras y rajaduras; buen comportamiento al secado en horno con programa riguroso de acuerdo a la norma técnica peruana 251.010 con temperatura de 103 ± 2 °C en un tiempo mínimo de 24 horas, resultando un producto de buena calidad.

La madera huayruro fue de 9.2%, respectivamente, encontrándose en el grupo II. Estos valores indican que es una madera de clasificación baja, presenta un buen comportamiento al secado en horno con temperatura de 103 ± 2 °C realizándose en 6 días, mientras que el secado al aire es lento por tener una textura gruesa.

La madera tornillo es de 10.4%, respectivamente, encontrándose en el grupo III. Estos valores indican que es una madera de clasificación media, el secado en horno con temperatura de 103 ± 2 °C es rápido y puede soportar horario fuerte en secado artificial demorando aproximadamente 55 horas ya que es estable con bajo riegos del alabeo según Gutiérrez 2014.

La madera mohena es de 11.8%, respectivamente, encontrándose en el grupo III. Estos valores indican que es una madera de clasificación media, el secado en horno con temperatura de 103 ± 2 °C es rápido, tiene un comportamiento moderadamente difícil de secar al aire, presentando cierta deformación debido que su textura es media a fina.

La madera pumaquiro es de 10.5%, respectivamente, encontrándose en el grupo III. Estos valores indican que es una madera de clasificación media, tiene un comportamiento al secado en horno con temperatura de 103 ± 2 °C con programa rigurosamente moderado debido que su textura es fina.

La madera utucuro 11%, respectivamente, encontrándose en el grupo III. Estos valores indican que es una madera de clasificación media, el secado en horno con temperatura de 103 ± 2 °C en 6 días es muy rápido, lo cual requiere un programa moderado a suave de secado debido que puede presentar riesgos de grietas por tener una textura fina.

La madera cedro fue de 12.1%, encontrándose en el grupo III. Estos valores indican que es una madera de clasificación media, por su naturaleza está madera tiene condiciones de absorber el exceso de humedad de una casa o de cederlo de nuevo en caso de falta de humedad cuando hay aire muy seco. Es de fácil secado natural y en horno, pudiendo presentar eventualmente algunas grietas superficiales por tener una textura media.

La madera capirona fue de 11.9%, encontrándose en el grupo III. Estos valores indican que es una madera de clasificación media debido a su porosidad difusa no visible a simple vista, es una madera muy pesada, tiene un buen comportamiento al secado en horno, requiere de un programa suave para evitar agrietamientos, con una textura fina.

La madera pino fue de 12.8%, encontrándose este valor en el grupo III. Estos valores indican que es una madera de clasificación media con textura fina por ello tienen un secado lento al aire, presentando leves deformaciones.

La madera ishpingo fue de 10.9%, encontrándose este valor en el en el grupo III. Estos valores indican que es una madera de clasificación media, en el secado al aire presentan grietas en los extremos de la madera por ser media a gruesa siendo su duramen aceitoso o grasoso.

La madera copaiba fue de 14.2%, encontrándose este valor en el en el grupo IV. Estos valores indican que es una madera de clasificación alta con mayor contenido de humedad, es de secado natural lento por tener una textura fina.

La madera catahua fue de 13.9%, encontrándose este valor en el grupo IV. Estos valores indican que es una madera de clasificación alta, tiene un comportamiento regular al secado en horno por ser una madera gruesa.

Por lo tanto la evaluación del contenido de humedad nos muestra que la madera copaiba absorbe más exceso de humedad con un 14.2% por ser una madera de textura fina, mientras que la madera huayruro absorbe menos humedad por con un 9.2% por tener una textura más gruesa, basándonos cada análisis según estudio realizado por Prompex Perú, proyecto sobre promociones de nuevas especies forestales del Perú.

Para la construcción de viviendas con elementos estructurales de madera podemos determinar que el valor de humedad que supere el 15% según los rangos de humedad de madera tabla 8, disminuye su resistencia mecánica y aumenta el riesgo de ataques por hongos o insectos xilófagos que finalmente acabaría dañando la estructura de la madera o alterando su calidad. Para ello se recomienda que la madera seca al aire este en un rango del 10.1% al 13% de humedad.

El exceso de contenido de humedad afecta las dimensiones de los elementos estructurales de madera cuando la humedad baja entre valores menores al 7% según los rangos de humedad de madera en la tabla 8, se encuentra en estado anhidrido provocando fenómenos de hinchazón y merma según se absorba humedad. En las ciudades que poseen un clima muy húmedo, la madera sufre muchos cambios; se deforma, se quiebra o se raja, pierde peso o se encoje o finalmente se pudre.

En una vivienda normalmente hay más humedad en el interior que en el exterior por las actividades como cocinar, duchar, secado y planchado de ropa, producen grandes cantidades de vapor de agua. A esto se suma, el vapor que generan las personas y las plantas. Para ello se sugiere los tratamientos para la madera, pueden consistir en aceites, pinturas o barnices, pero todos comparten una misión única: cubrir la pieza de madera en una capa protectora homogénea que permita pasar el vapor de agua tanto hacia el interior como hacia el exterior. El barniz suele ser más duradero que los aceites, que requieren en torno a dos aplicaciones anuales. Cuando la madera ha acumulado demasiada humedad comienza a pudrirse y se ennegrece, por eso es fundamental que la aplicación de estos productos se realice correctamente por toda la superficie, sin dejar huecos que permitan que el vapor de agua atraviese la madera.

Tabla 24: Parámetros para revestimientos exteriores e interiores (Gutiérrez, 2014)

| Propiedades tecnológicas | Exteriores | Interiores |
|--------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| Densidad | Alta a muy alta | Baja a media |
| Resistencia mecánica | Alta a muy alta | Baja a media |
| Durabilidad | Durable a muy durable | Poco durable a durable |
| Trabajabilidad | Difícil a fácil | Fácil a muy fácil |
| Elasticidad (t/r) | Estable a inestable o 1.5 a 3.00 | Estable a muy estable o < 2.5 |

En la tabla 24 podemos analizar que las maderas que se encuentran entre estos rangos alta a muy alta serán utilizados para revestimiento de exteriores que son usadas en edificaciones rústicas o rurales, y se caracteriza por presentarse en forma de placas, o tejas planas de geometría cuadradas, rectangulares o poligonal sin mayor cepillado. Por ser maderas muy expuestas a los rayos UV, se deben usar especies muy resistentes. La madera de corte radial, es la que mejor se comporta ante las deformaciones (contracción y expansión) del material.

Mientras que los parámetros para revestimientos interiores que se encuentran en los rangos baja a media son maderas que se caracterizan por tener un factor estético y decorativo, por lo cual se escogerá especies de gran estabilidad dimensional, debido a que estarán sometidas al acondicionamiento climático, lo que puede generar cambios del contenido higroscópico de la madera.

5.1.2 Densidad básica.

La norma E.010 establece un agrupamiento que está basado en valores de densidad básica clasificada en tres grupos indicadas en la tabla 10 donde el grupo I tiene densidades mayores o iguales a 0.71 g/cm^3 teniendo una clasificación alta, grupo II con densidad entre 0.56 a 0.70 g/cm^3 con clasificación media y grupo III con densidad entre 0.40 a 0.55 g/cm^3 con clasificación baja.

En la figura N° 21, observamos los resultados de densidad básica de los 12 tipos de maderas ensayadas tales como: la madera cachimbo obteniendo un valor de 0.58 g/cm^3 , encontrándose entre el rango de $0.56 \text{ g/cm}^3 - 0.70 \text{ g/cm}^3$. Estos valores indican que esta madera se ubica en el grupo II, por ser una madera mediadamente pesada, es trabajable y fácil de aserrar, aunque desafila las herramientas por su contenido de sílice, moderadamente resistente al ataque de hongos e insectos, la impermeabilidad es moderada.

La madera huayruro 0.64 g/cm^3 , encontrándose entre el rango de $0.56 \text{ g/cm}^3 - 0.70 \text{ g/cm}^3$. Estos valores indican que esta madera se ubica en el grupo II, es moderadamente difícil de aserrar por su dureza, de buen comportamiento al cepillado y al moldurado, el taladrado es moderadamente difícil, moderadamente resistente al ataque biológico.

La madera tornillo 0.51 g/cm^3 , encontrándose entre el rango de $0.40 \text{ g/cm}^3 - 0.55 \text{ g/cm}^3$. Se ubica en el grupo III, es una madera medianamente pesada, susceptible al ataque biológico, moderadamente fácil de aserrar.

La madera mohena 0.56 g/cm^3 , encontrándose entre el rango de $0.56 \text{ g/cm}^3 - 0.70 \text{ g/cm}^3$. Estos valores indican que esta madera se ubica en el grupo II, es una madera fácil de aserrar y sencilla de trabajar con herramientas y maquinas comunes de carpintería, a pesar de tener grano entrecruzado y superficies lisas dan un buen acabado. El moldurado longitudinal es bueno y el transversal regular, tiene un comportamiento regular al taladro y torneado, resistente al ataque biológico por pudrición.

La madera pumaquiro 0.69 g/cm^3 , encontrándose entre el rango de $0.56 \text{ g/cm}^3 - 0.70 \text{ g/cm}^3$. Estos valores indican que esta madera se ubica en el grupo II, es una madera pesada, de fácil aserrío, al ser aserrada de estado húmedo produce escozor, la corteza despide unas pelusas que irritan la piel, buena durabilidad natural resistente al ataque de hongos.

La madera utucuro 0.45 g/cm^3 , encontrándose entre el rango de $0.40 \text{ g/cm}^3 - 0.55 \text{ g/cm}^3$. Estos valores indican que esta madera se ubica en el grupo III, porosidad difusa.

La madera cedro presenta una densidad básica de 0.43 g/cm^3 , encontrándose entre el rango de $0.40 \text{ g/cm}^3 - 0.55 \text{ g/cm}^3$. Estos valores indican que esta madera se ubica en el grupo III, por ser moderadamente liviana y dimensionalmente estable, considerada como una de las mejores especies maderables, resistente a los ataques biológicos, fácil de aserrar y se comporta bien con cualquier maquinaria de carpintería, por lo que la convierte en una especie predilecta para carpintería y ebanistería.

La madera capirona presenta una densidad básica de 0.70 g/cm^3 , encontrándose este valor entre el rango de $0.56 \text{ g/cm}^3 - 0.70 \text{ g/cm}^3$. Estos valores indican que es una madera muy pesada ubicándose en el grupo II, presenta contracciones lineales bajas y contracciones volumétricas moderadamente estable, resistente a los ataques biológicos, no requiere preservación, es una madera durable, especialmente en elementos lejos del contacto con el suelo, fácil de aserrar, moderadamente fácil de clavar y con buen acabado.

La madera pino presenta una densidad básica de 0.33 g/cm^3 , encontrándose este valor por debajo del rango de $0.40 \text{ g/cm}^3 - 0.55 \text{ g/cm}^3$. Por ser una madera muy liviana estos valores indican que es una madera ubicada por debajo del grupo III, tiene poca durabilidad, no resiste a los ataques biológicos, requiere de preservantes. Es fácil de trabajar con herramientas manuales y con cualquier máquina.

La madera ishpingo presenta una densidad básica de 0.49 g/cm^3 , encontrándose este valor entre el rango de $0.40 \text{ g/cm}^3 - 0.55 \text{ g/cm}^3$ ubicada en el grupo III. Estos valores indican que es una madera, con contracciones lineales medias y la contracción volumétrica es estable, se caracteriza por tener buena resistencia al ataque de hongos e insectos en estado verde, sin embargo, cuando esta seca es susceptible al ataque de insectos, tiene mediana capacidad de impregnar los preservantes, también es fácil de trabajar con maquinaria o herramientas manuales. Buen comportamiento con ciertos defectos después del cepillado debido al grano entrecruzado; pero se corrigen con el fijado para obtener buen acabo.

La madera copaiba presenta una densidad básica de 0.53 g/cm^3 , encontrándose este valor entre el rango de $0.40 \text{ g/cm}^3 - 0.55 \text{ g/cm}^3$ ubicándose por en el grupo III. Estos valores indican que es una madera con densidad baja, es fácil de aserrar y labrado, al corte presenta resistencia mecánica mediana.

La madera catahua presenta una densidad básica de 0.42 g/cm^3 , encontrándose este valor entre el rango de $0.40 \text{ g/cm}^3 - 0.55 \text{ g/cm}^3$ ubicándose por en el grupo III. Estos valores indican que es una madera moderadamente liviana, que presenta contracciones lineales bajas y la contracción volumétrica es moderadamente estable, su durabilidad natural de hace que sea susceptible al ataque biológico, por lo que se recomienda tratarla con preservantes, la baja resistencia mecánica de la madera facilita su aserrío para todo tipo de herramientas.

Los ensayos del laboratorio indican que, existe un buen nivel de correlación entre los tipos de maderas analizadas, donde la densidad es una cantidad de material sólido que posee la madera y su resistencia sea directamente proporcional a la densidad, es decir, a mayor densidad mayor resistencia como podemos observar la madera pumaquiro y capirona son las maderas que poseen una mayor densidad básica utilizándolas como uso estructural a comparación de la madera pino es una madera muy liviana y de poca resistencia utilizándolo como elementos no estructurales y/o acabados, como podemos analizar la tabla 25 los parámetros para uso en carpintería de las maderas que se encuentren entre estos rangos.

Tabla 25: Parámetros para uso en carpintería de obra. (Gutiérrez, 2014)

| Propiedades tecnológicas | Rangos |
|--------------------------|-------------------------------|
| Densidad | Media a alta |
| Resistencia mecánica | Media a alta |
| Durabilidad | Durable a muy durable |
| Trabajabilidad | Fácil a muy fácil |
| Elasticidad (t/r) | Estable a muy estable o < 2.5 |

La madera por ser uno de los materiales más antiguos de construcción, se trata de construcciones flexibles y versátiles con una excelente relación resistencia - peso y con innumerables posibilidades constructivas. Asimismo se trata de un recurso abundante y renovable y se está posicionando como un material de construcción del futuro para afrontar el cambio climático.

Además, la madera es uno de los materiales estructurales más ligeros, lo cual genera un peso liviano a la estructura con un peso medio de 900 Kg/m³ en comparación con el hormigón que tiene un peso de 2400 Kg/m³ o el acero con 7850 Kg/m³, haciendo la estructura más pesada y a la vez más costosa y en mayor tiempo de ejecución.

No es indispensable usar maderas con densidades y resistencias mecánicas muy altas, pero si deberán tener buena trabajabilidad, la estabilidad dimensional el producto final puede presentar deformaciones.

Con una buena elaboración de los detalles constructivos, construir una casa con elementos estructurales de madera es una inversión durable además de sostenible. Esta es una propiedad que materiales como el hormigón y el ladrillo, definitivamente, no tienen. Dando lugar a este material muy apto en zonas donde hay terremotos, asimilando de mejor manera los movimientos sísmicos en comparación a otros materiales.

5.2 Análisis propiedades mecánicas

5.2.1 Análisis de flexión estática

En la tabla 12 se observa los rangos de clasificación de las maderas en las propiedades mecánicas de flexión estática módulo de ruptura (MOR) elaborado por Sibille (2010) donde el grupo I tiene una flexión menor o igual a 300 kg/cm^2 con clasificación muy baja, grupo II con flexión entre $300\text{-}500 \text{ kg/cm}^2$ con clasificación baja, grupo III con flexión entre $501\text{-}800 \text{ kg/cm}^2$ con clasificación media, grupo IV con flexión entre $801\text{-}1000 \text{ kg/cm}^2$ con clasificación alta y grupo V con flexión mayor o igual 1000 kg/cm^2 con clasificación muy alta, así verificamos si los resultados obtenidos en nuestros ensayos se asemejan a los que se encuentran en la norma o estudios ya realizados.

En la figura N° 22 podemos observar y analizar los resultados de los 12 tipos de maderas evaluadas según su forma, claramente podemos observar que madera obtiene la máxima resistencia para la utilización de una viga. La madera cachimbo muestra una resistencia alta al esfuerzo de ruptura de una viga en su forma rectangular, cuadrada y circular obteniendo un valores entre $719 - 842 \text{ kg/cm}^2$.

La madera huayruro muestra una resistencia muy alta al esfuerzo de ruptura de una viga en su forma rectangular obteniendo un valor de 1099 kg/cm^2 , en comparación con las formas cuadradas y circulares que obtuvieron valores de $870 - 900 \text{ kg/cm}^2$ con una resistencia alta.

La madera tornillo muestra una resistencia alta al esfuerzo de ruptura de una viga en su forma circular con un valor de 736 kg/cm^2 , mientras que la cuadrada y circular obteniendo un valor de $688 - 680 \text{ kg/cm}^2$ con resistencia media.

La madera mohena muestra una resistencia alta al esfuerzo de ruptura de una viga en su forma rectangular obteniendo un valor de 761 kg/cm^2 , en comparación con la cuadrada y circular que obtuvo valor de $616 - 581 \text{ kg/cm}^2$ con una resistencia media.

La madera pumaqui muestra una resistencia muy alta al esfuerzo de ruptura de una viga en su forma rectangular, cuadrada y circular obteniendo valores entre $1180 - 1154 \text{ kg/cm}^2$.

La madera utucuro muestra una resistencia baja al esfuerzo de ruptura de una viga en su forma rectangular, cuadrada y circular obteniendo valores entre $432 - 392 \text{ kg/cm}^2$.

La madera cedro muestra una resistencia alta al esfuerzo de ruptura de una viga en su forma rectangular obteniendo un valor de 873 kg/cm^2 , en comparación con las formas cuadradas y circulares que obtuvieron valores de $628 - 601 \text{ kg/cm}^2$ con una resistencia media.

La madera capirona muestra una resistencia muy alta al esfuerzo de ruptura de una viga en su forma rectangular y circular obteniendo valores de $1175 - 1129 \text{ kg/cm}^2$, en comparación con la forma cuadrada que obtuvo un valor de 888 kg/cm^2 con una resistencia alta.

La madera pino muestra una resistencia baja al esfuerzo de ruptura de una viga en su forma rectangular y cuadrada con valores de 403 - 327 kg/cm² para la forma circular obtuvo un valor por debajo de 300 kg/cm², produciendo una falla de la viga no aptos para el uso estructural.

La madera ishpingo muestra una resistencia media al esfuerzo de ruptura de una viga en su forma rectangular y circular obteniendo valores de 572 - 542 kg/cm², en comparación con la forma cuadrada que obtuvo un valor de 416 kg/cm² con una resistencia baja produciendo una falla de la viga no apta para el uso estructural.

La madera copaiba muestra una resistencia alta al esfuerzo de ruptura de una viga en su forma circular obteniendo un valor de 765 kg/cm², en comparación con la forma cuadrada y circular que obtuvo valores de 574 - 529 kg/cm² con una resistencia media.

La madera catahua muestra una resistencia muy alta al esfuerzo de ruptura de una viga en su forma rectangular obteniendo un valor de 1275 kg/cm², en comparación con la forma circular que obtuvo un valor de 505 kg/cm² con una resistencia media.

Estos valores indican que el módulo de ruptura, presenta una variación entre los 12 tipos de madera por lo que se puede concluir que el limitante en la resistencia de las vigas es la forma y calidad de la madera, los valores más altos pertenecen a la madera catahua en su forma rectangular, también a la madera pumaquiro en sus tres formas mostrando un mejor comportamiento estructural. Mientras que el pino en sus tres formas tiene baja resistencia al esfuerzo de ruptura lo cual son aptas para usos no estructurales.

La madera es un material diseñado para trabajar en dirección de la fibra, las mejores prestaciones de este material son trabajando a flexión con una buena relación entre resistencia - peso que ofrece la madera a la deformación, esta fuerza es mayor cuando es aplicada perpendicularmente a las fibras y mínima en las direcciones radial y tangencial. Su valor característico en frondosas, oscila entre 14 y 30 N/mm² para madera estructural. El hormigón está diseñado para trabajar a compresión donde se obtienen los mejores resultados. El acero tiene muy buenas resistencias pero trabajando a compresión puede presentar problemas de pandeo por su esbeltez lo cual hace que la madera tenga un grado de resiliencia, lo que significa que puede “doblar ligeramente”, volver a su condición original o quedarse en su nuevo estado.

Cabe resaltar que la madera pino en su forma circular es la más baja entre las 12 tipos de maderas analizadas. Con este análisis podemos evaluar que las maderas que se encuentran en los rangos muy altos se utilizan para un sistema poste – viga, este sistema se caracteriza dado que requiere, especies de maderas muy resistentes para el uso de pórticos estructurales. Según observamos en la tabla 26.

Tabla 26: Parámetros de selección sistema poste - viga. (Gutiérrez, 2014)

| Propiedades tecnológicas | Rangos |
|--------------------------|----------------------|
| Densidad | Alta a muy alta |
| Resistencia mecánica | Alta a muy alta |
| Durabilidad | Muy durable |
| Trabajabilidad | Difícil a fácil |
| Elasticidad (t/r) | Estables o 1.5 a 2.5 |

5.2.2 Compresión paralela a la fibra.

En la tabla 14 se observa los rangos de clasificación de las maderas en las propiedades mecánicas de compresión paralela a la fibra donde el grupo I tiene valores menor o igual a 120 kg/cm² con clasificación muy baja, grupo II con valores entre 120 – 240 kg/cm² con clasificación baja, grupo III con valores entre 241 – 360 kg/cm² con clasificación media, grupo IV con valores entre 361 – 480 kg/cm² con clasificación alta y grupo V con valores mayor o igual 480 kg/cm² con clasificación baja así verificar si los resultados obtenidos en nuestros ensayos se asemejan a los que se encuentran en la norma o estudios ya realizados.

En la figura N° 23 podemos observar los resultados de los 12 tipos de maderas evaluadas según su forma, claramente podemos observar que madera obtiene la máxima resistencia para la utilización de una columna.

La madera cachimbo muestra una resistencia entre baja a alta al esfuerzo de ruptura de una columna, en su forma rectangular obtuvo un valor de 460 kg/cm² clasificándola como resistencia alta, la forma cuadrada obtuvo un valor de 286 kg/cm² clasificándola como resistencia media, en comparación con la forma circular que obtuvo valor 277 kg/cm² con una resistencia media.

La madera huayruro muestra una resistencia entre alta y muy alta al esfuerzo de ruptura de una columna, en su forma cuadrada obtuvo un valor de 574 kg/cm² clasificándola como resistencia muy alta, la forma rectangular obtuvo un valor de 498 kg/cm² clasificándola como resistencia muy alta, en comparación con la forma circular que obtuvo valor 439 kg/cm² con una resistencia alta.

La madera tornillo muestra una resistencia entre baja y media al esfuerzo de ruptura de una columna, en su forma rectangular obtuvo un valor de 377 kg/cm² clasificándola como resistencia alta, la forma cuadrado obtuvo un valor de 300 kg/cm² clasificándola como resistencia media, en comparación con la forma circular que obtuvo valor 291 kg/cm² con una resistencia media.

La madera mohena muestra una resistencia entre media y alta al esfuerzo de ruptura de una columna, en su forma rectangular obtuvo un valor de 420 kg/cm² clasificándola como resistencia alta, la forma circular obtuvo un valor de 371 kg/cm² clasificándola como resistencia

alta, en comparación con la forma cuadrada que obtuvo valor 308 kg/cm^2 con una resistencia media.

La madera pumaqui muestra una resistencia muy alta en sus tres formas al esfuerzo de ruptura de una columna, en su forma cuadrada obtuvo un valor de 641 kg/cm^2 , la forma circular obtuvo un valor de 628 kg/cm^2 , en comparación con la forma rectangular que obtuvo valor 599 kg/cm^2 .

La madera utucuro muestra una resistencia alta en sus tres sus tres formas al esfuerzo de ruptura de una columna, en su forma rectangular obtuvo un valor de 372 kg/cm^2 , la forma cuadrada obtuvo un valor de 366 kg/cm^2 , en comparación con la forma circular que obtuvo valor 364 kg/cm^2 .

La madera cedro muestra una resistencia entre baja y media al esfuerzo de ruptura de una columna, en su forma circular obtuvo un valor de 325.5 kg/cm^2 clasificándola como resistencia media, la forma cuadrada obtuvo un valor de 310.1 kg/cm^2 clasificándola como resistencia media, en comparación con la forma rectangular que obtuvo valor 290.3 kg/cm^2 con una resistencia baja.

La madera capirona muestra una resistencia entre alta y muy alta al esfuerzo de ruptura de una columna, en su forma cuadrada obtuvo mejor resultado con un valor de 579.4 kg/cm^2 , la forma circular obtuvo un valor de 489.1 kg/cm^2 , en comparación con la forma rectangular que obtuvo valor 446.6 kg/cm^2 ambas formas obtiene una resistencia alta.

La madera pino muestra una resistencia entre alta y media al esfuerzo de ruptura de una columna, en su forma rectangular obtuvo un valor de 372 kg/cm^2 clasificándola como resistencia alta, la forma cuadrada obtuvo un valor de 248.1 kg/cm^2 clasificándola como resistencia media, en comparación con la forma circular que obtuvo valor 241.6 kg/cm^2 con una resistencia media.

La madera ishpingo muestra una resistencia entre alta y baja al esfuerzo de ruptura de una columna, en su forma rectangular obtuvo un valor de 428.5 kg/cm^2 clasificándola como resistencia alta, la forma circular obtuvo un valor de 323.5 kg/cm^2 clasificándola como resistencia media, en comparación con la forma cuadrada que obtuvo valor 298.2 kg/cm^2 con una resistencia baja.

La madera copaiba muestra una resistencia alta y media en sus tres formas al esfuerzo de ruptura de una columna, en su forma rectangular obtuvo un valor de 370.3 kg/cm^2 , la forma cuadrada obtuvo un valor de 328.2 kg/cm^2 , en comparación con la forma circular que obtuvo valor 318 kg/cm^2 .

La madera catahua muestra una resistencia baja en sus tres formas al esfuerzo de ruptura de una columna, en su forma circular obtuvo un valor de 237.6 kg/cm^2 , la forma cuadrada obtuvo un valor de 216.1 kg/cm^2 , en comparación con la forma rectangular que obtuvo valor 204.3 kg/cm^2 .

Los valores máximos de la resistencia a compresión actúan a modo de columnas, como podemos observar la tabla 27, los parámetros de las maderas que se encuentren entre estos

rangos, se caracteriza por el uso de maderas de gran capacidad de carga, dado que su función es transmitir esfuerzos al terreno. Por lo que las maderas que se elijan deben ser muy durables como la madera pumaquiro en sus tres formas.

Tabla 27: Parámetros para pilotes de cimentación y encofrados (Gutiérrez, 2014)

| Propiedades tecnológicas | Columnas y pilotes de cimentación | Encofrados |
|--------------------------|-----------------------------------|------------------------|
| Densidad | Alta a muy alta | Media |
| Resistencia mecánica | Alta a muy alta | Media |
| Durabilidad | Durable a muy durable | Poco durable a durable |
| Trabajabilidad | Difícil a fácil | Fácil a muy fácil |
| Elasticidad (t/r) | Estable a inestable o 1.5 a 3.00 | Estables o 1.5 a 2.5 |

En el caso que la resistencia es mínima debido a factores de fibras o bajas densidades hacen que se comprima bajo la carga que soporta, como resultado de esta estructura, el límite elástico es relativamente bajo, por ello estas maderas se utilizarían para encofrados como se muestra en la tabla 27, son maderas que se caracterizan por ser de uso provisional, se utiliza para soporte, moldeo de diversos elementos de concreto. Soporta elevadas cargas, pero por periodos cortos (desencofrado).

La resistencia a compresión, es el esfuerzo máximo al que está sometida la madera, por dos fuerzas de sentido opuesto. La mayor resistencia la presenta en dirección paralela a la fibra. Se debe considerar la rigidez de la pieza respecto su longitud, por el posible efecto pandeo que pudiera surgir.





5.3 Costos de los tipos de madera analizadas

Dentro de nuestro análisis podemos observar que las maderas que obtuvieron mejores resultados en sus propiedades mecánicas son: pumaquiro, huayruro y capirona, teniendo un costo accesible para la población, como se puede observar en la tabla 23; que se pueden utilizar para elementos estructurales; mientras que las maderas que obtuvieron resistencias en sus propiedades mecánicas de media a baja como son: cachimbo, cedro, copaiba, ishpingo, mohena, tornillo, utucuro, catahua y pino, que se pueden utilizar para usos no estructurales.

CONCLUSIONES

- ✓ Los resultados del ensayo de humedad de las 12 maderas evaluadas, determinan que la madera copaiba llega a tener un porcentaje de contenido de humedad alto debido a que su proceso de secado es muy lento, lo cual no es recomendable para elementos estructurales pero si se recomienda para acabados ya que su humedad tiene resistencia a los ataques biológicos. En la preservación la albura tiene buena penetración mientras el duramen no es fácil de preservar. Mientras que la madera huayruro tiene un porcentaje de contenido de humedad bajo obteniendo una alta resistencia se recomienda para el uso de elementos estructurales como vigas y columnas. En el ensayo de densidad básica se determinan que la madera capirona tiene densidad alta por ser la de mayor resistencia ya que poseen una durabilidad natural alta y es recomendable para elementos estructurales que no tengan contacto con el suelo, mientras que la madera pino obtiene una densidad muy baja y posee menor resistencia al ser una madera muy blanda, no resiste a los ataques biológicos.
- ✓ En el ensayo de flexión estática se analizó el esfuerzo al momento de la ruptura obteniendo como mejor comportamiento ante cargas sobre una viga, la madera catahua en su forma rectangular pero es susceptible al ataque biológico, lo cual su durabilidad es muy baja por ello recomendamos como segunda opción a la madera pumaquiro obteniendo mejores resultados en sus viga de forma rectangular, cuadrada y circular, esta madera es resistente a los ataques biológicos y presenta alta durabilidad natural.
- ✓ La evaluación de la resistencia a la compresión paralela a la fibra, consideradas en función de una columna, muestran que la madera pumaquiro, en sus formas cuadrada, rectangular y circular, obtienen una alta resistencia la compresión por ello se recomienda como elemento estructural.
- ✓ Las maderas capirona, pumaquiro y huayruro son muy pesadas, muestra una trabajabilidad moderadamente fácil de aserrar, generalmente se usan para elementos estructurales como vigas y columnas; así como, elementos no estructurales en pisos como entablados, parquetaria, machimbrado; como pasos de escaleras; y en forma laminadas como enchapes. Las maderas cachimbo, mohena, copaiba, Ishpingo, tornillo, utucuro, cedro y catahua mediamente duras son usadas generalmente como carpinterita de obras como marcos de puertas y ventanas; como forros para cielos raras, paredes; como molduras de barandas, pasamanos, tapamarco, zócalos y contrazócalos, así también se pueden utilizar como elementos de construcción para encofrados. Mientras que la madera pino tiene poca durabilidad, no resiste al ataque biológico y requiere de preservados, mostrando una trabajabilidad fácil usada en molduras, zócalos, tapamarcos, puertas contraplacadas y ventanas.

Tabla 28: Costos de elementos estructurales vigas - columnas

| | Madera | | Concreto | |
|-------|---|---|--|---|
| Vigas |  | 2" x 7" x 13' Pumaquiro S/. 115.92 Capirona S/. 73.45 |  | 25cm x 30cm x 6m S/. 507.74 |
| | Columnas |  | 5" x 5" x 10' Pumaquiro S/. 154.45 Capirona S/. 96.12 |  |

- ✓ La utilización de los elementos estructurales como vigas y columnas de madera para vivienda, son igual o más competitivos que el tradicional elemento estructural de concreto, por ello se realizó la comparación de cuánto más rentable y efectivo puede llegar a ser su uso. Básicamente por los rendimientos y la velocidad de construcción, donde se demostró que es un 95 % más veloz que el tradicional y como consecuencia bajos costos en construcción, así la madera se vuelve altamente competitiva ante cualquier material.
- ✓ Se evaluaron los 12 tipos de maderas en sus tres formas (rectangular, cuadrada y circular), en las respectivas propiedades físicas y mecánicas, en la cual que se puede concluir de acuerdo a la tabla 29 y 30 de usos es como una indicación que debe ser comprobada en la práctica, para obtener resultados más concretos. Sin embargo, los datos que se presentan son de gran importancia para la industria maderera y sobre todo para efectuar la promoción del uso de nuestras maderas en la ciudad de Trujillo. En consecuencia, la madera resulta una buena alternativa para sistemas estructurales y no estructurales dando una respuesta a la problemática sobre el déficit habitacional.

Tabla 29: Uso estructural de los tipos de madera según su forma

| Nombre común | ESTRUCTURAL | | | | | | | | | | | |
|--------------|-------------|----------|----------|-------------|----------|----------|-------------|-------------|---------------|----------|-------------|-----------|
| | Columnas | | | Vigas | | | Entablados | | Pies derechos | | | Encofrado |
| | Rectangular | Cuadrada | Circular | Rectangular | Cuadrada | Circular | Rectangular | Rectangular | Cuadrado | Circular | Rectangular | |
| Cachimbo | | | | | | | X | | | | X | |
| Capirona | | X | X | X | | X | | | X | | X | |
| Catahua | | | | X | | | | | X | | | |
| Cedro | | | | | | | X | | | | | |
| Copaiba | | | | | | | | | | | X | |
| Huayruro | X | X | | X | | | | | X | X | | |
| Ishpingo | | | | | | | | | | | X | |
| Mohena | | | | | | | | | | | X | |
| Pino | | | | | | | | | | | | |
| Pumaquiro | X | X | X | X | X | X | | | | | | |
| Tornillo | | | | | | | | | | | X | |
| Utucuro | | | | | | | | | | X | X | |

Tabla 30: Uso no estructural de los tipos de madera según su forma

| Nombre común | Carpintería de obra | | | | Revestimientos | | | | Pisos |
|--------------|---------------------|----------|-------------|----------|----------------|----------|-------------|----------|-------------|
| | Cerramiento | | Escaleras | | Exterior | | Interior | | Parquet |
| | Rectangular | Cuadrado | Rectangular | Cuadrado | Rectangular | Cuadrado | Rectangular | Cuadrado | Rectangular |
| Cachimbo | | | | X | | | X | X | |
| Capirona | | | | | | | X | X | X |
| Catahua | X | X | | | | | | | |
| Cedro | X | X | | X | | | X | X | |
| Copaiba | | | | X | | | | | |
| Huayruro | | | | | X | X | | | X |
| Ishpingo | | X | | X | | | X | X | |
| Mohena | | | | X | | | X | X | |
| Pino | X | X | | | X | X | | | |
| Pumaquiro | | | | | X | X | | | X |
| Tornillo | | | X | X | | | | | |
| Utucuro | X | X | | | | | X | X | |

RECOMENDACIONES

- ✓ Difundir toda información o estudio tecnológico, por lo menos a nivel nacional para dar impulso y conocimiento de maderas de nuestra Amazonia al mercado; así evitar la extracción selectiva de algunas especies.
- ✓ Realizar estudios de propiedades físicas y mecánicas de otras especies consideradas como maderas no tradicionales como: catahua, copaiba, ishpingo, mohena, pumaquiroy utucuro, para diversificar el mercado nacional e internacional con productos que se encuentran en nuestra región y que son poco conocidas.
- ✓ Determinar las propiedades físicas y mecánicas de las distintas especies forestales comerciales del país como: pino, tornillo, cedro, catahua, para elaborar tablas que reúnan la mayor cantidad posible de información técnica, para los usos de diseño estructural y no estructural en madera.
- ✓ A nivel de laboratorio, tratar de emplear muestras de madera limpia de defectos, se observó, que la presencia de nudos es un factor que incide en la resistencia de las pruebas, principalmente en la de la flexión estática.
- ✓ Es recomendable tener cuidado en el proceso de centrar el espécimen de prueba de forma circular y el disparador de carga, ya de cometerse éste error impediría la correcta ejecución del ensayo.
- ✓ Verificar que la velocidad de aplicación de carga sea constante, para no alterar los resultados obtenidos de resistencia al corte paralelo a la fibra.
- ✓ Se recomienda utilizar las especies en base a los resultados obtenidos; sin embargo, el comportamiento tecnológico y usos de la madera que presentamos pueden ser considerados como resultados preliminares; y su aplicación responde a ciertos criterios técnicos del usuario.
- ✓ Reforzar los resultados obtenidos, con mayores estudios tecnológicos, propiciar el uso definitivo de estas especies como: catahua, copaiba, ishpingo, mohena, pumaquiroy utucuro, cachimbo, cedro, tornillo, pino, huayruro, capirona.

REFERENCIAS

- Arbelo,A, Garbuyo, E (2012), Patologías en la construcción en madera, Punta colorada, México. Consultado el 29 de octubre del 2017.
- ArchDaily (2016), La construcción del edificio de madera más alto del mundo se está llevando a cabo en Vancouver, Canadá. Recuperado el 2017, obtenido de file:<https://www.archdaily.pe/pe/790749/la-construccion-del-edificio-de-madera-mas-alto-del-mundo-se-esta-llevando-a-cabo-en-vancouver>. Consultado el 02 de noviembre del 2017.
- Auraco soluciones (2014): La madera: Un bien sustentable para construcciones en altura, Obtenido de file:<https://www.araucosoluciones.com/peru/blog/2014/11/la-madera-un-bien-sustentable-para-construcciones-en-altura>. Consultado el 28 de octubre del 2017.
- Bermejo. F (2011): Estructura y composición de la madera, Madrid, España. Consultado el 28 de octubre del 2017.
- Bonfante, A. y Bustos,K. (2014). Caracterización, clasificación y patología de las especies de maderas más usadas en la construcción como elementos estructurales permanentes en la ciudad de Cartagena, Universidad de Cartagena, Colombia. Consultado el 29 de octubre del 2017.
- Campos Wellmann, C. (2015). Determinación de propiedades físicas y mecánicas de la madera de pinus maximoi H. E. Moore; Cobán, Alta Verapaz, Universidad Rafael Landívar, Guatemala. Consultado el 28 de octubre del 2017.
- Cámara Nacional Forestal (2014) Sistema de Información Técnica y Comercial de Productos Forestales Perú. Obtenida de file: <http://www.cnf.org.pe/maderas.htm>. Consultado 02 de noviembre del 2017.
- Centro de transferencia tecnológica pino radiata (2003). Compendio de directrices para enseñanza en ingeniería. Proyecto Corfo Fontec.
- Cetrangolo; O'Neill; Morquio (2014), Diagrama tensión-deformación de la madera libre de defectos de pinus elliottii de procedencia Uruguaya. Uruguay. Consultado el 15 de noviembre 2017.
- Confederación peruana de la madera CPM (2008). En I.N. Cáceres, Compendio de la información técnica de 32 especies forestales (2ªed., Vols. 1-2) .Lima, Lima, Perú: Centro de Innovación Tecnológica de la madera –CITE madera/Ministerio de la producción.

Consejo de madera (2011) Construcción de madera pesada. Washington DC. Consultado el 02 de noviembre del 2017.

Cluster, L (2009) Revestimiento: Entablados de madera. pág. 05, Lignum Facile, Galicia, España. Consultado el 08 de noviembre del 2017.

Del Pilar, N (2017) Madera: Materiales Industriales, México Consultado el 08 de noviembre del 2017.

Drevdom (2015), Ventajas de la construcción en madera - Casas de madera, obtenido de: http://es.drevdom.com/recursos_articulo-ventajas-construccion-madera-casas-de-madera.php?extern_link=1. Consultado 13 de noviembre 2017.

Durango, D (2018) La madera recurso renovable, México. Consultado 02 de noviembre 2017.

El comercio: Descubre las más increíbles construcciones hechas de madera, 2017 Recuperado el 26 de diciembre del 2017, obtenido de file: <https://elcomercio.pe/casa-y-mas/descubre-increibles-construcciones-hechas-madera-noticia-479616>. Consultado el 26 de diciembre del 2017.

El comercio (2017), Así se construyen las casas entregadas a damnificados por El Niño costero, 2017, Recuperado el 24 de mayo del 2018, Obtenido de: <https://elcomercio.pe/economia/dia-1/elaboran-casas-entregadas-damnificados-nino-423370>. Consultado el 24 de mayo del 2018.

García, E. (2003), La madera y su anatomía .Edición.: Fundación Conde del Valle de Salazar, España

Gago,J. (2011),Fabricación y caracterización de compuestos madera – (metacrilato de metilo, resina poliéster) por irradiación gamma, empleando maderas nativas del Perú (hura crepitans I, aniba amazónica meiz y calycophy spruceanum be). Consulado el 13 de diciembre del 2017.

Gestión (2016), APEC Perú 2016: ¿Cuánto pesan las economías del bloque en el comercio forestal del mundo? Recuperado el 16 de febrero del 2018, Obtenido de file:<https://gestion.pe/economia/apec-peru-2016-pesan-economias-bloque-comercio-forestal-mundo-112595>. Consultado el 16 de febrero del 2018.

Gutiérrez, L. 2014. Cómo elegir maderas según los usos de arquitectura y construcción. Edición. Universidad Privada Antenor Orrego, Perú.

Gutiérrez, H. y de la Vara, R. 2014. Control estadístico de la calidad y seis sigmas. 2da Edición. Editorial Mc Graw Hill Educación. México, D.F.

Hermoso, E. (2011). Caracterización mecánica de la madera estructural de pinus sylvestris, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, España. Consultado el 16 de diciembre del 2017.

La República (2017), Gobierno aprueba S/ 800 millones para la reconstrucción del norte, 2017. Recuperado el 15 febrero 2018, Obtenido de: <http://larepublica.pe/politica/1023266-gobierno-aprueba-s-800-mlns-para-la-reconstruccion-del-norte>. Consultado el 15 de febrero del 2018.

Mason, R y Lind D 2002 Estadística para administración y economía 10ª Edición. Editorial alfaomega grupo editor, S.A. de C.V.

Ministerio de vivienda del Perú (2010). En Reglamento Nacional de edificaciones 3ª edición. Lima, Perú: Empresa editora Macro E.I.R.L

Norma Técnica Peruana 251.011: (2014) Madera: Método para determinar ensayo de densidad. 3ª Edición, Lima Perú. Consultado el 30 de octubre del 2017.

Norma Técnica Peruana 251.010: (2014) Madera: Método para determinar el contenido de humedad. 3ª Edición, Lima Perú. Consultado el 30 de octubre del 2017.

Norma Técnica Peruana NTP 251.014 (2014) Madera: método para determinar la compresión paralela a la fibra. 3ª Edición, Lima Perú. Consultado el 02 de noviembre del 2017.

Norma Técnica Peruana NTP 251.017: (2004) Madera: Método para determinar Ensayo de flexión estática. 2ª Edición, Lima Perú. Consultado el 02 de noviembre del 2017.

Ordoñez García, P. y Lugo Chávez, Y. (2016). Estructuras de madera aplicadas al sector de la construcción en el Perú, Universidad Pontificia Católica. Consultado el 10 de noviembre del 2017.

PADT-REFORT (2000). Manual de diseño para maderas del grupo andino. 1ª Reimpresión. Lima, Perú.

Paz, F. (2008) Composición química de la madera, Guatemala. Consultado el 12 de diciembre del 2017.

- PEFC en Euskadi (2016), Los beneficios de la madera. Recuperado el 30 de diciembre del 2017, obtenido de file: <http://www.pefceuskadi.org/es/pefc/informacion-para-el-consumidor/los-beneficios-de-la-madera.html>. Consultado el 30 de diciembre del 2017.
- Pique, J., Ferreyra, J., Medina, M., Gonzalez, V., Sibille, A. (2000) Manual de diseño para maderas del grupo andino. Consultado el 02 de noviembre del 2017.
- Prompex Perú (2014) Maderas Woods of Perú: Proyecto promoción de nuevas especies forestales del Perú en el comercio exterior. Lima, Perú. Recuperado el 2014. Obtenido de: <file:///C:/Users/Sony/Downloads/MADERAS%20DEL%20PERU%20POR%20COMERCIO%20FORESTAL.pdf>. Consultado el 30 de diciembre del 2017.
- Ruiz, H. (2017) Patologías y protección de la madera en servicio. Chile. Consultado el 26 de noviembre del 2017.
- Sánchez, A. (2018). Madera: Estructura de madera laminada. Madrid. Consultado el 12 de diciembre del 2017.
- Schiller, S., Evans, J (2006) Construcción con tierra. Buenos Aires. Argentina. Consultado el 10 de diciembre del 2017.
- Serfor (2012), Línea base para estudio sobre la industria forestal maderera en el Perú. Recuperado el 2017, obtenido de file: <https://www.serfor.gob.pe/wp-content/uploads/2016/03/LINEA%20BASE%20PARA%20ESTUDIO.pdf> Consultado el 02 de noviembre del 2017.
- Sibille, A. (2010). Guía de procedimiento industrial: Fabricación de muebles con maderas Poco conocidas - LKS. Editora Argentina S.R.L.
- UCV Radio, (2016). Uso renovable de la madera disminuiría el déficit de vivienda en el Perú. Recuperado el 22 de noviembre del 2017, desde <http://www.ucvradio.pe/noticias/sociedad/uso-renovable-de-la-madera-disminuiria-el-deficit-de-vivienda-en-el-peru>. Consultado el 22 de noviembre del 2017.
- Ugarte, J., Heinz, K. (2017) Manual para operadores de secadores convencionales para madera. Consultado el 10 de diciembre del 2017.

Umerez. H. (2015) Análisis de propiedades físicas de la madera, Valencia, España. Consultado el 02 de diciembre del 2017.

Urbanismo.com (2017), Comienzan a surgir en España bloques de viviendas de madera, Recuperado el 26 noviembre del 2017, Obtenido de file:<https://www.urbanismo.com/comienzan-a-surgir-en-espana-bloques-de-viviendas-de-madera/>. Consultado el 26 de noviembre del 2017.

APÉNDICE

Apéndice 1: Resultados de ensayos de propiedades físicas

Humedad

Tabla 31: Resultados de ensayo de humedad

| Nombre | Código | Peso inicial (gr) | Peso inicial (gr) | CH % |
|-----------|--------|----------------------|----------------------|------|
| Cachimbo | b1 | 44.3 | 39.4 | 11.3 |
| Capirona | b2 | 53.3 | 46.9 | 11.9 |
| Catahua | b3 | 32.8 | 29.0 | 13.9 |
| Cedro | b4 | 30.7 | 27.0 | 12.1 |
| Copaiba | b5 | 40.0 | 34.3 | 14.2 |
| Huayruro | b6 | 55.3 | 50.2 | 9.2 |
| Ishpingo | b7 | 37.7 | 33.6 | 10.9 |
| Mohena | b8 | 37.6 | 33.2 | 11.8 |
| Pino | b9 | 30.0 | 26.1 | 12.8 |
| Pumaquiro | b10 | 52.8 | 47.3 | 10.5 |
| Tornillo | b11 | 41.6 | 37.2 | 10.4 |
| Utucuro | b12 | 27.5 | 24.5 | 11.0 |

Densidad básica

Tabla 32: Resultados de ensayo de densidad básica

| Nombre | Código | Peso (gr) | Volumen (cm ³) | Densidad |
|-----------|--------|--------------|-------------------------------|----------|
| Cachimbo | b1 | 61.0 | 104.5 | 0.6 |
| Capirona | b2 | 79.2 | 112.4 | 0.7 |
| Catahua | b3 | 40.1 | 94.9 | 0.4 |
| Cedro | b4 | 44.5 | 103.5 | 0.4 |
| Copaiba | b5 | 44.7 | 84.5 | 0.5 |
| Huayruro | b6 | 69.6 | 107.9 | 0.6 |
| Ishpingo | b7 | 48.0 | 98.0 | 0.5 |
| Mohena | b8 | 59.7 | 106.5 | 0.6 |
| Pino | b9 | 33.6 | 99.4 | 0.3 |
| Pumaquiro | b10 | 74.3 | 108.3 | 0.7 |
| Tornillo | b11 | 54.8 | 107.2 | 0.5 |
| Utucuro | b12 | 35.1 | 86.3 | 0.4 |

Apéndice 2: Resultados de ensayos de propiedades mecánicas

Tabla 33: Resultados de ensayos de flexión estática

| Nombre | Forma | Código | Resultado |
|----------|-------------|--------|-----------|
| Cachimbo | Rectangular | b1c1.1 | 924 |
| | | b1c1.2 | 723 |
| | | b1c1.3 | 879 |
| | Cuadrado | b1c2.1 | 926 |
| | | b1c2.2 | 752 |
| | | b1c2.3 | 738 |
| | Circular | b1c3.1 | 771 |
| | | b1c3.2 | 731 |
| | | b1c3.3 | 654 |
| Capirona | Rectangular | b2c1.1 | 1183 |
| | | b2c1.2 | 1099 |
| | | b2c1.3 | 1242 |
| | Cuadrado | b2c2.1 | 625 |
| | | b2c2.2 | 1021 |
| | | b2c2.3 | 1017 |
| | Circular | b2c3.1 | 1377 |
| | | b2c3.2 | 1181 |
| | | b2c3.3 | 829 |
| Catahua | Rectangular | b3c1.1 | 1461 |
| | | b3c1.2 | 1105 |
| | | b3c1.3 | 1258 |
| | Cuadrado | b3c2.1 | 709 |
| | | b3c2.2 | 972 |
| | | b3c2.3 | 1094 |
| | Circular | b3c3.1 | 577 |
| | | b3c3.2 | 528 |
| | | b3c3.3 | 409 |
| Cedro | Rectangular | b4c1.1 | 1025 |
| | | b4c1.2 | 720 |
| | | b4c1.3 | 874 |
| | Cuadrado | b4c2.1 | 514 |
| | | b4c2.2 | 619 |
| | | b4c2.3 | 668 |
| | Circular | b4c3.1 | 722 |
| | | b4c3.2 | 651 |
| | | b4c3.3 | 510 |

| Nombre | Forma | Código | Resultado |
|----------|-------------|--------|-----------|
| Copaiba | Rectangular | b5c1.1 | 529 |
| | | b5c1.2 | 721 |
| | | b5c1.3 | 470 |
| | Cuadrado | b5c2.1 | 608 |
| | | b5c2.2 | 488 |
| | | b5c2.3 | 492 |
| | Circular | b5c3.1 | 831 |
| | | b5c3.2 | 809 |
| | | b5c3.3 | 656 |
| Huayruro | Rectangular | b6c1.1 | 1326 |
| | | b6c1.2 | 927 |
| | | b6c1.3 | 1043 |
| | Cuadrado | b6c2.1 | 1304 |
| | | b6c2.2 | 588 |
| | | b6c2.3 | 808 |
| | Circular | b6c3.1 | 500 |
| | | b6c3.2 | 1053 |
| | | b6c3.3 | 1056 |
| Ishpingo | Rectangular | b7c1.1 | 532 |
| | | b7c1.2 | 430 |
| | | b7c1.3 | 663 |
| | Cuadrado | b7c2.1 | 343 |
| | | b7c2.2 | 341 |
| | | b7c2.3 | 564 |
| | Circular | b7c3.1 | 665 |
| | | b7c3.2 | 645 |
| | | b7c3.3 | 408 |
| Mohena | Rectangular | b8c1.1 | 782 |
| | | b8c1.2 | 721 |
| | | b8c1.3 | 781 |
| | Cuadrado | b8c2.1 | 574 |
| | | b8c2.2 | 554 |
| | | b8c2.3 | 720 |
| | Circular | b8c3.1 | 657 |
| | | b8c3.2 | 475 |
| | | b8c3.3 | 610 |

| Nombre | Forma | Código | Resultado |
|-----------|-------------|---------|-----------|
| Pino | Rectangular | b9c1.1 | 496 |
| | | b9c1.2 | 99 |
| | | b9c1.3 | 386 |
| | Cuadrado | b9c2.1 | 569 |
| | | b9c2.2 | 531 |
| | | b9c2.3 | 108 |
| | Circular | b9c3.1 | 75 |
| | | b9c3.2 | 415 |
| | | b9c3.3 | 181 |
| Pumaquiro | Rectangular | b10c1.1 | 1269 |
| | | b10c1.2 | 1153 |
| | | b10c1.3 | 1116 |
| | Cuadrado | b10c2.1 | 1300 |
| | | b10c2.2 | 991 |
| | | b10c2.3 | 1172 |
| | Circular | b10c3.1 | 1467 |
| | | b10c3.2 | 1064 |
| | | b10c3.3 | 993 |
| Tornillo | Rectangular | b11c1.1 | 830 |
| | | b11c1.2 | 534 |
| | | b11c1.3 | 700 |
| | Cuadrado | b11c2.1 | 683 |
| | | b11c2.2 | 646 |
| | | b11c2.3 | 711 |
| | Circular | b11c3.1 | 853 |
| | | b11c3.2 | 662 |
| | | b11c3.3 | 691 |
| Utucuro | Rectangular | b12c1.1 | 454 |
| | | b12c1.2 | 427 |
| | | b12c1.3 | 416 |
| | Cuadrado | b12c2.1 | 469 |
| | | b12c2.2 | 394 |
| | | b12c2.3 | 420 |
| | Circular | b12c3.1 | 311 |
| | | b12c3.2 | 428 |
| | | b12c3.3 | 438 |

Flexión estática

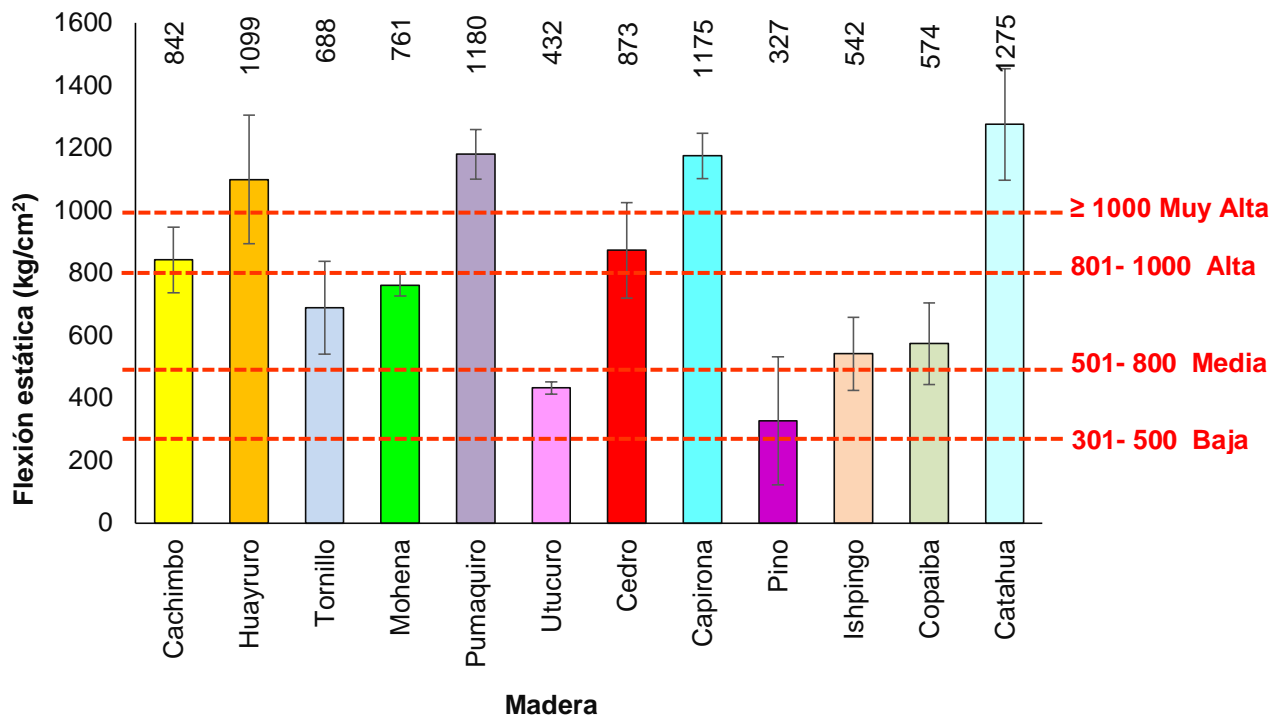


Figura N° 24: Flexión estática, forma geométrica rectangular.

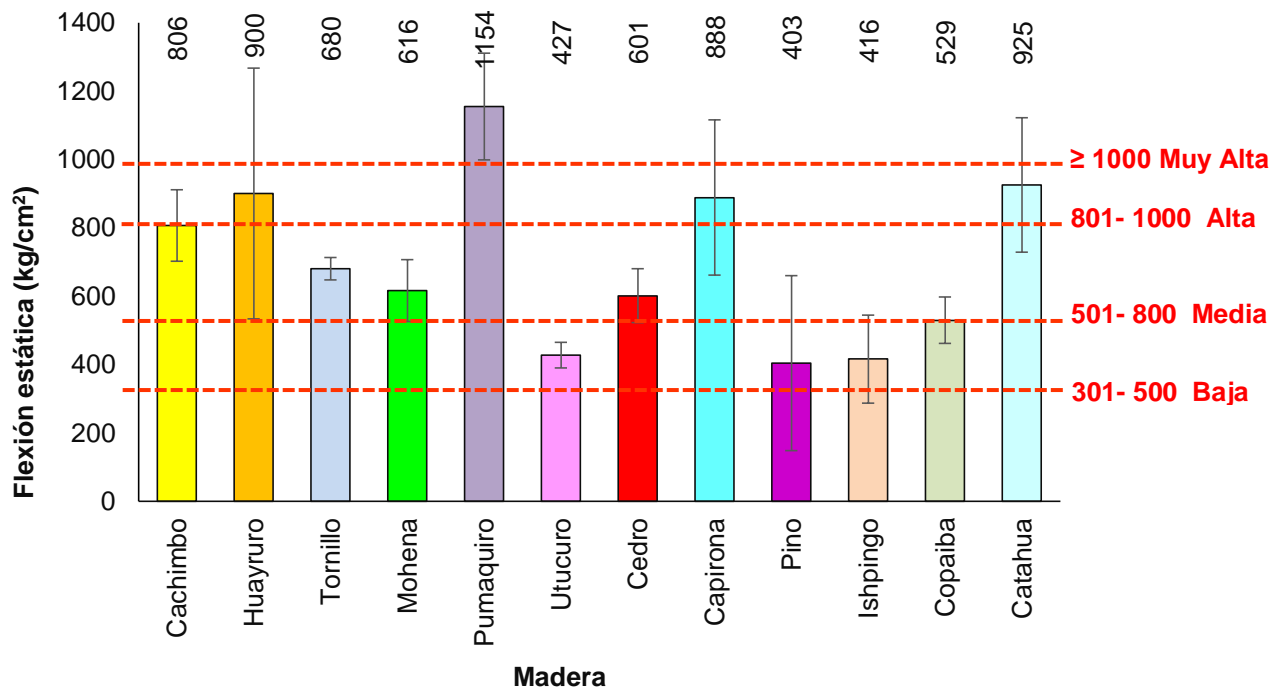


Figura N° 25: Flexión estática, forma geométrica cuadrada.

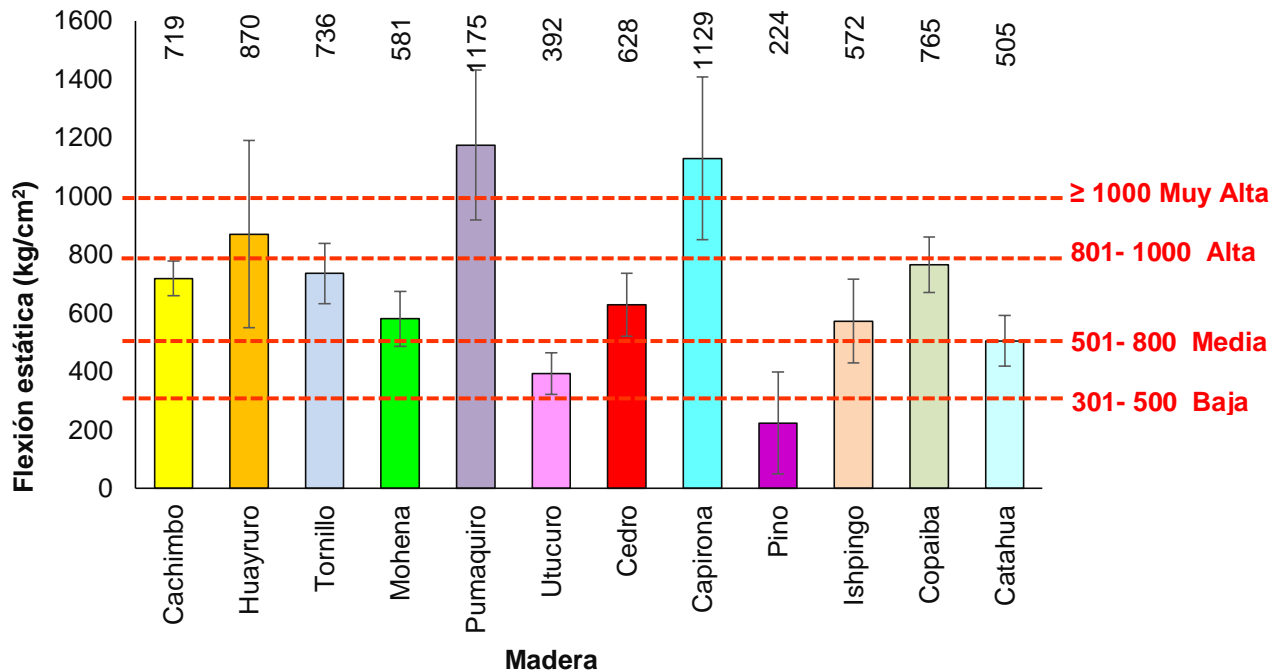


Figura N° 26: Flexión estática, forma geométrica circular.

Compresión paralela a la fibra

Tabla 34: Resultados de compresión paralela a la fibra

| Nombre | Código | Forma | Fuerza (KN) | Resistencia (Mpa) | Resistencia (kg/cm ²) |
|----------|--------|-------|-------------|-------------------|-----------------------------------|
| Cachimbo | b1c1 | □ | 97 | 45 | 460 |
| | b1c2 | ◻ | 74 | 28 | 286 |
| | b1c3 | ○ | 55 | 27 | 277 |
| Capirona | b2c1 | □ | 84 | 44 | 447 |
| | b2c2 | ◻ | 149 | 57 | 579 |
| | b2c3 | ○ | 94 | 48 | 489 |
| Catahua | b3c1 | □ | 42 | 20 | 204 |
| | b3c2 | ◻ | 56 | 21 | 216 |
| | b3c3 | ○ | 46 | 23 | 238 |
| Cedro | b4c1 | □ | 61 | 29 | 291 |
| | b4c2 | ◻ | 79 | 31 | 310 |
| | b4c3 | ○ | 64 | 32 | 325 |
| Copaiba | b5c1 | □ | 70 | 37 | 370 |
| | b5c2 | ◻ | 82 | 32 | 328 |
| | b5c3 | ○ | 62 | 31 | 318 |
| Huayruro | b6c1 | □ | 103 | 49 | 497 |
| | b6c2 | ◻ | 147 | 57 | 574 |
| | b6c3 | ○ | 87 | 43 | 439 |

| Nombre | Código | Forma | Fuerza (KN) | Resistencia (Mpa) | Resistencia (kg/cm ²) |
|-----------|--------|-------|-------------|-------------------|-----------------------------------|
| Ishpingo | b7c1 | □ | 86 | 42 | 428 |
| | b7c2 | □ | 76 | 29 | 298 |
| | b7c3 | ○ | 62 | 32 | 324 |
| Mohena | b8c1 | □ | 85 | 41 | 420 |
| | b8c2 | □ | 82 | 30 | 308 |
| | b8c3 | ○ | 71 | 37 | 371 |
| Pino | b9c1 | □ | 75 | 37 | 372 |
| | b9c2 | □ | 60 | 25 | 248 |
| | b9c3 | ○ | 44 | 24 | 242 |
| Pumaquiro | b10c1 | □ | 123 | 59 | 599 |
| | b10c2 | □ | 166 | 63 | 641 |
| | b10c3 | ○ | 122 | 62 | 628 |
| Tornillo | b11c1 | □ | 69 | 37 | 377 |
| | b11c2 | □ | 69 | 30 | 300 |
| | b11c3 | ○ | 51 | 29 | 291 |
| Utucuro | b12c1 | □ | 77 | 37 | 372 |
| | b12c2 | □ | 98 | 36 | 366 |
| | b12c3 | ○ | 69 | 36 | 364 |

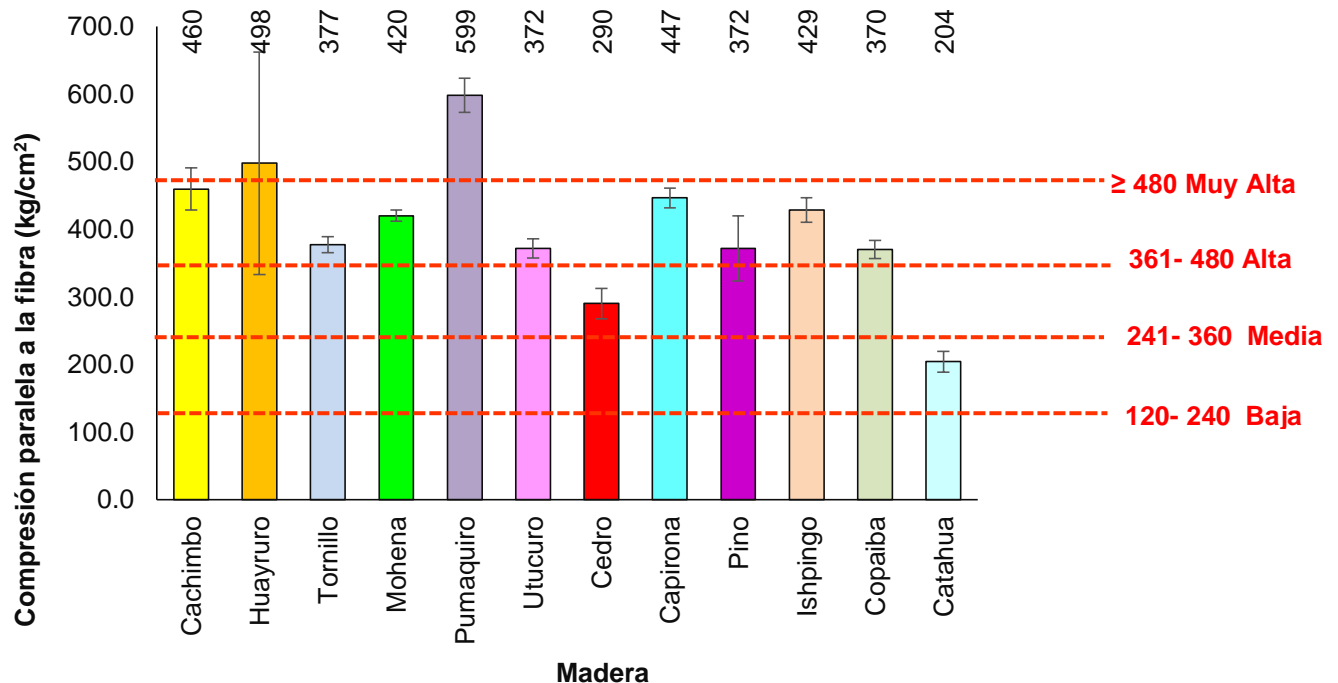


Figura N° 27: Compresión paralela a la fibra, en maderas de forma rectangular.

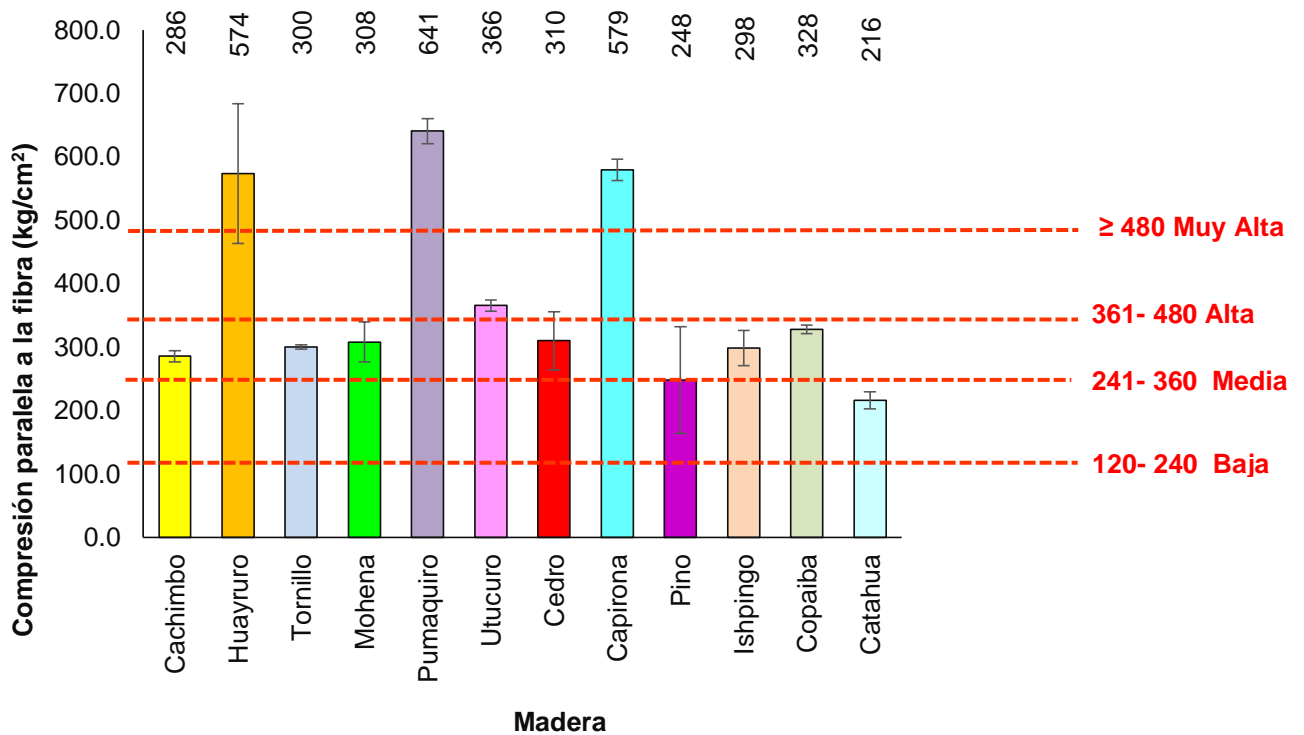


Figura N° 28: Compresión paralela a la fibra, en maderas de forma cuadrada.

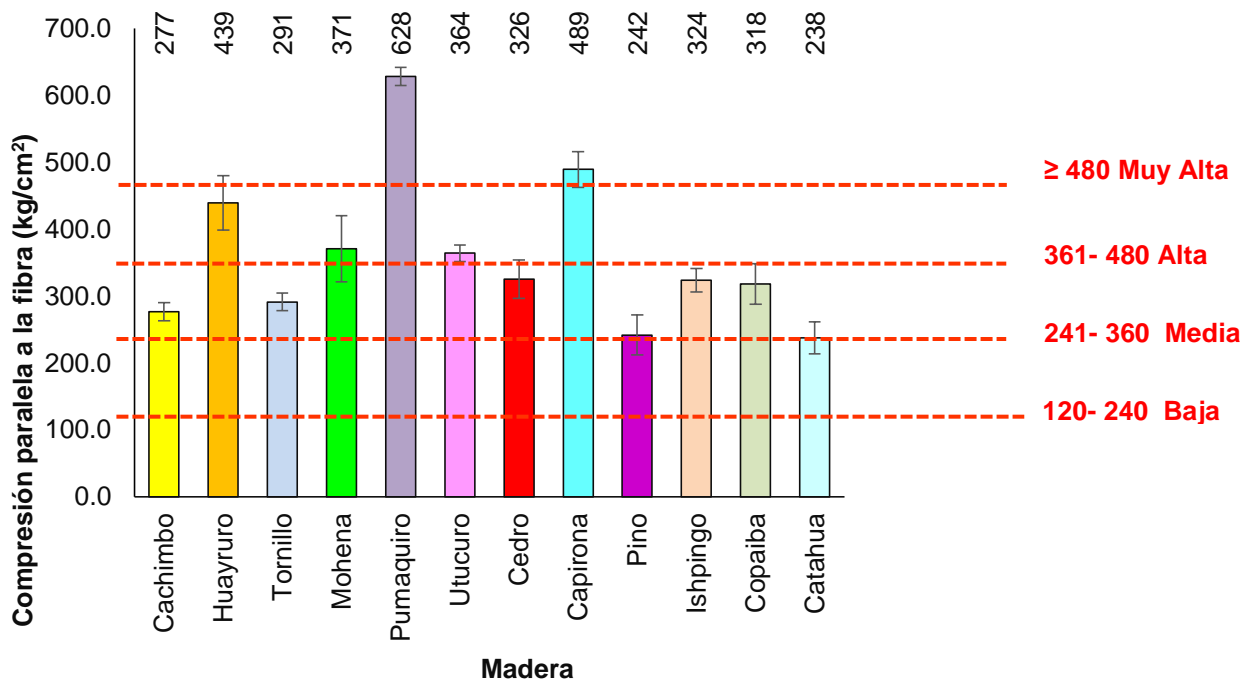


Figura N° 29: Compresión paralela a la fibra, en maderas de forma circular

ANEXOS

Anexo 1: Panel fotográfico

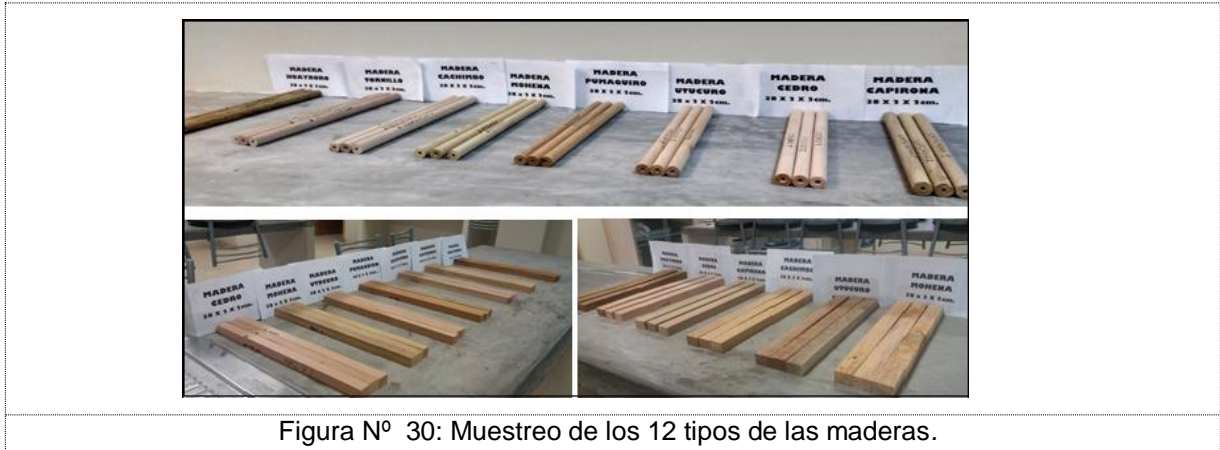


Figura N° 30: Muestreo de los 12 tipos de las maderas.



Figura N° 31: Determinación de la densidad básica de las maderas



Figura N° 32: Medición en muestras geométricas, con la precisión requerida del vernier



Figura N° 33: Arranque del motor para efectuar el ensayo a flexión estática



Figura N° 34: Se obtiene la gráfica en tiempo real y guardamos los datos obtenidos.



Figura N° 35: Muestras para ensayo a compresión paralela a la fibra



Figura N° 36: Toma de medidas con vernier de las muestras a ensayar.



Figura N° 37: Ensayo a compresión paralela a la fibra



Figura N° 38: Con el asesor del proyecto.



Figura N° 39: Iglesia angular, Noruega - biblioteca en Beijing (2017).



Figura N° 40: Milano Vía Cenni (2014).



Figura N° 41: Vancouver's Brock Commons

Tabla 35: Viviendas particulares según material predominante. (INEI, 2013)

| Estructura de madera | Número de hogares construidos en donde se aplican la estructura de madera |
|----------------------|---|
| En paredes | 6.054 |
| En pisos | 8.452 |
| En techos | 1.719 |

Tabla 36: Licencias para la construcción otorgadas. (INEI, 2011)

| Terminal terrestre | Hoteles | Restaurantes | Otros |
|--------------------|---------|--------------|-------|
| 97 | 662 | 654 | 5731 |

Tabla 37: Consumo de materiales de construcción. (INEI, 2011)


| | Acero (kg) | Madera (pies) | Ladrillo KK (und) | Agregado (m ³) | Cemento (bols) |
|-------------------|------------|---------------|-------------------|----------------------------|----------------|
| S. Convencional | 12.65 | 18.85 | 91.00 | 0.84 | 4.01 |
| S. Mixto ladrillo | 5.94 | 34.34 | 85.00 | 0.64 | 2.89 |
| S. Madera | 0.69 | 48.17 | 16.00 | 0.43 | 1.83 |

Anexo 2: Fichas técnicas de maderas

Madera cachimbo:

Es una madera medianamente pesada, presentando contracciones lineales bajas y contracción volumétrica estable. Situándose en el límite de categorías bajas y altas en su resistencia mecánica.

Tabla 38: Ficha de madera cachimbo. (Cámara nacional forestal y Gutiérrez, 2014)


| | | | |
|---|--|-------|--|
| Nombres comunes: | Perú: Cachimbo, cachimbo blanco, cachimbo caspi, papelillo caspi | |  |
| Nombres científicos: | Especie: Cariniana decandra ducke | | |
| | Familia: Lecythydaceace | | |
| Nombre comercial internacional: | Cachimbo | | |
| Propiedades físicas: | | | |
| Densidad (gr/cm³): | 0.59 | | |
| Contracciones (%) | Tangencial: | 7.58 | |
| | Radial: | 4.96 | |
| | Volumétrica: | 12.10 | |
| Relación T/R: | 1.50 | | |
| Dureza: | Media Alta | | |
| Color: | Pardo Claro | | |
| Grano: | Recto | | |
| Textura: | Media | | |
| Propiedades mecánicas: (kg/cm²) | | | |
| Módulo de elasticidad | 131 000 | | |
| Módulo de rotura: | 735 | | |
| Compresión paralela: | 342 | | |
| Características: | | | |
| Durabilidad natural: | Moderadamente resistente al ataque biológico | | |
| Secado: | Requiere programa moderado/suave. En laminado seca bien | | |
| Trabajabilidad: | Moderada, se deben usar metales duros de refuerzo | | |
| Usos: | Estructuras, molduras, laminado/carpintería de interiores | | |


Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123909

Madera capirona:

Es una madera medianamente pesada, presentando contracciones lineales bajas y contracción volumétrica moderadamente estable. Su resistencia mecánica se sitúa en el límite de categorías media a alta.

Tabla 39: Ficha de madera capirona. (Cámara nacional forestal y Gutiérrez, 2014)


| | | | |
|---|--|-------|--|
| Nombres comunes: | Perú: Capirona, palo mulato | |  |
| Nombres científicos: | Especie: Calycophyllum spruceanum (Benth) Hook | | |
| | Familia: Rubiaceae | | |
| Nombre comercial internacional: | Pau mulato | | |
| Propiedades físicas: | | | |
| Densidad (gr/cm³): | 0.76 | | |
| Contracciones (%) | Tangencial: | 9.00 | |
| | Radial: | 5.00 | |
| | Volumétrica: | 15.00 | |
| Relación T/R: | 1.80 | | |
| Dureza: | Alta | | |
| Color: | Blanco pardusco | | |
| Grano: | Recto / entrecruzado | | |
| Textura: | Muy fina | | |
| Propiedades Mecánicas (kg/cm²): | | | |
| Módulo de elasticidad: | 100 000 | | |
| Módulo de rotura: | 723 | | |
| Compresión paralela: | 283 | | |
| Características: | | | |
| Durabilidad natural: | Moderadamente resistente al ataque de hongos | | |
| Secado: | Requiere programa suave. Riesgo de grietas | | |
| Trabajabilidad: | Fácil | | |
| Usos: | Pisos, tarugos/molduras, estructuras | | |


Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509

Madera catahua:

Es una madera moderadamente liviana, presentando contracciones lineales bajas y contracción volumétrica moderadamente estable. Su resistencia mecánica se sitúa en el límite de categorías de bajas a medias.

Tabla 40: Ficha de madera catahua. (Cámara nacional forestal y Gutiérrez, 2014)


| | | | |
|---|---|------|--|
| Nombres comunes: | Perú: Catahua amarilla, habilla | |  |
| Nombres científicos: | Especie: Hura crepitans | | |
| | Familia: Euphorbiaceae | | |
| Nombre comercial internacional: | Cedro, spanish – cedar | | |
| Propiedades físicas: | | | |
| Densidad (gr/cm³): | 0.41 | | |
| Contracciones (%) | Tangencial: | 5.81 | |
| | Radial: | 3.43 | |
| | Volumétrica: | 9.00 | |
| Relación T/R: | 1.69 | | |
| Dureza: | Media | | |
| Color: | Amarillo cremoso. | | |
| Grano: | Recto / entrecruzado | | |
| Textura: | Media | | |
| Propiedades mecánicas (kg/cm²): | | | |
| Módulo de elasticidad: | 68 000 | | |
| Módulo de rotura: | 401 | | |
| Compresión paralela: | 126 | | |
| Características: | | | |
| Durabilidad natural: | Susceptible al ataque biológico | | |
| Secado: | Requiere programa moderado | | |
| Trabajabilidad: | Intermedio, facilita su aserrío | | |
| Usos: | Laminado/embalaje, carpinterías muebles | | |


Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509

Madera cedro:

Es una madera moderadamente liviana y dimensionalmente estable, considerada como una de las mejores especies. Su resistencia mecánica se sitúa en el límite de categoría media.

Tabla 41: Ficha de madera cedro (Cámara nacional forestal y Gutiérrez, 2014)


| | | | |
|---|--|-------|--|
| Nombres comunes: | Perú: Cedro | |  |
| Nombres científicos: | Especie: Cedrela odorata | | |
| | Familia: Meliaceae | | |
| Nombre comercial internacional: | Cedro, spanish – cedar | | |
| Propiedades físicas: | | | |
| Densidad (gr/cm³): | 0.42 | | |
| Contracciones (%) | Tangencial: | 7.00 | |
| | Radial: | 3.10 | |
| | Volumétrica: | 10.50 | |
| Relación T/R: | 2.3 | | |
| Dureza: | Suave | | |
| Color: | Duramen color marrón rosado con lustre áureo, albura color pardo amarillento | | |
| Grano: | Derecho y algo veteado semejante a caoba | | |
| Textura: | Mediana | | |
| Propiedades Mecánicas (kg/cm²): | | | |
| Módulo de elasticidad: | 72 000 | | |
| Módulo de rotura: | 395 | | |
| Compresión paralela: | 104 | | |
| Características: | | | |
| Durabilidad natural: | Albura susceptible al ataque biológico | | |
| Secado: | Rápido | | |
| Trabajabilidad: | Buena | | |
| Usos: | En acabados y divisiones interiores, muebles de lujo, chapa plano decorativas, artículos torneados, gabinetes de primera clase, ebanistería, puertas y ventanas, puertas talladas, contrachapados, botes (partes internas), molduras y paneles | | |


Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509

Madera copaiba:

Es una madera moderadamente pesada, de contracciones de lineales bajas y su contracción volumétrica es moderadamente estable. Su resistencia mecánica se sitúa en el límite de categoría media a alta.

Tabla 42: Ficha de madera copaiba. (Cámara nacional forestal y Gutiérrez, 2014)


| | | | |
|---|--|-------|--|
| Nombres comunes: | Perú: Copaiba | |  |
| Nombres científicos: | Especie: <i>Copaifera officinalis</i> | | |
| | Familia: Fabaceae - caesalpinioideae | | |
| Nombre comercial internacional: | Copaiba | | |
| Propiedades físicas: | | | |
| Densidad (gr/cm³): | 0.61 | | |
| Contracciones (%) | Tangencial: | 3.40 | |
| | Radial: | 7.00 | |
| | Volumétrica: | 10.70 | |
| Relación T/R: | 1.90 | | |
| Dureza: | Media | | |
| Color: | Duramen marrón rojizo | | |
| Grano: | Recto / entrecruzado | | |
| Textura: | Media | | |
| Propiedades mecánicas (kg/cm²): | | | |
| Módulo de elasticidad: | 112 000 | | |
| Módulo de rotura: | 736 | | |
| Compresión paralela: | 268 | | |
| Características: | | | |
| Durabilidad natural: | Susceptible al ataque biológico (ataque de insectos) | | |
| Secado: | Acepta programa moderado | | |
| Trabajabilidad: | Fácil de aserrar y labrado | | |
| Usos: | Muebles/molduras, encofrados/triplay, carpintería | | |


Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509

Madera huayruro:

Es una madera de densidad básica alta, de contracciones de lineales bajas y su contracción volumétrica estable. Su resistencia mecánica se sitúa en el límite de categoría media a alta.

Tabla 43: Ficha de madera huayruro. (Cámara nacional forestal y Gutiérrez, 2014)


| | | | |
|---|---|------|--|
| Nombres comunes: | Perú: Huayruro | |  |
| Nombres científicos: | Especie: Ormosia coccinea jacks | | |
| | Familia: Fabaceae - papilionoideae | | |
| Nombre comercial internacional: | Tento | | |
| Propiedades físicas: | | | |
| Densidad (gr/cm³): | 0.61 | | |
| Contracciones (%) | Tangencial: | 6.30 | |
| | Radial: | 3.19 | |
| | Volumétrica: | 9.40 | |
| Relación T/R: | 1.98 | | |
| Dureza: | Alta | | |
| Color: | Beige rojizo | | |
| Grano: | Entrecruzado | | |
| Textura: | Gruesa | | |
| Propiedades mecánicas (kg/cm²): | | | |
| Módulo de elasticidad: | 134 000 | | |
| Módulo de rotura: | 843 | | |
| Compresión paralela: | 443 | | |
| Características: | | | |
| Durabilidad natural: | Albura susceptible al ataque biológico (ataque de insectos) | | |
| Secado: | Requiere programa moderado | | |
| Trabajabilidad: | Moderadamente fácil | | |
| Usos: | Estructuras, muebles/molduras. pisos/laminados, carpintería | | |


Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123909

Madera ishpingo:

Es una madera de contracciones de lineales medias y su contracción volumétrica es moderadamente estable.

Tabla 44: Ficha de madera ishpingo. (Cámara nacional forestal y Gutiérrez, 2014)


| | | | |
|---|---|------|--|
| Nombres comunes: | Perú: Ishpingo | |  |
| Nombres científicos: | Especie: <i>Amburana. cearensis</i> | | |
| | Familia: Fabaceae - apilionoideae | | |
| Nombre comercial internacional: | Amburana | | |
| Propiedades físicas: | | | |
| Densidad (gr/cm³): | 0.43 | | |
| Contracciones (%) | Tangencial: | 4.10 | |
| | Radial: | 2.30 | |
| | Volumétrica: | 7.60 | |
| Relación T/R: | 1.80 | | |
| Dureza: | Media | | |
| Color: | Amarillo (duramen amarillo pardo claro y albura crema con transición gradual a abrupta del duramen) | | |
| Grano: | Entrecruzado | | |
| Textura: | Gruesa (por abundante parénquima) | | |
| Propiedades mecánicas (kg/cm²): | | | |
| Módulo de elasticidad: | 94 000 | | |
| Módulo de rotura: | 739 | | |
| Compresión paralela: | 308 | | |
| Características: | | | |
| Durabilidad natural: | Buena resistencia al ataque de hongos e insectos en su estado verde, sin embargo es susceptible al ataque de insectos de madera seca | | |
| Secado: | Al secado al aire, el ishpingo presenta pequeñas grietas en los extremos de las piezas de madera | | |
| Trabajabilidad: | Buena | | |
| Usos: | Debido a su veteado y a las propiedades físico-mecánicas el Ishpingo es una madera adecuada para la construcción, mueblería, láminas decorativas y donde se requiere el uso de la madera con apariencia atractiva y de dimensiones estables | | |


Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509

Madera mohena:

Es una madera de densidad media y resistencia mecánica media baja.

Tabla 45: Ficha de madera mohena. (Cámara nacional forestal y Gutiérrez, 2014)


| | | | |
|---|--|------|--|
| Nombres comunes: | Perú: Mohena | |  |
| Nombres científicos: | Especie: Nectandra | | |
| | Familia: Lauraceae | | |
| Nombre comercial internacional: | Sande | | |
| Propiedades físicas: | | | |
| Densidad (gr/cm³): | 0.56 | | |
| Contracciones (%) | Tangencial: | 9.00 | |
| | Radial: | 4.30 | |
| | Volumétrica: | 9.40 | |
| Relación T/R: | 2.09 | | |
| Dureza: | Media | | |
| Color: | Amarillo | | |
| Grano: | Entrecruzado | | |
| Textura: | Media | | |
| Propiedades mecánicas (kg/cm²): | | | |
| Módulo de elasticidad: | 105 000 | | |
| Módulo de rotura: | 584 | | |
| Compresión paralela: | 241 | | |
| Características: | | | |
| Durabilidad natural: | Moderadamente resistente al ataque biológico | | |
| Secado: | Requiere programa moderado | | |
| Trabajabilidad: | Fácil | | |
| Usos: | Molduras, muebles, construcciones, carpintería | | |


Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509

Madera pino:

Es una madera liviana, de densidad baja de variación dimensional estable y su resistencia mecánica presenta valores bajos.

Tabla 46: Ficha de madera pino. (Cámara nacional forestal y Gutiérrez, 2014)

| | | | |
|---|--|-------|--|
| Nombres comunes: | Perú: Pino radiata, pino insigne | |  |
| Nombres científicos: | Especie: Pinus radiata don | | |
| | Familia: Pinaceae | | |
| Nombre comercial internacional: | Monterrey pine, pino monterrey, pino insigne, pino radiata | | |
| Propiedades físicas: | | | |
| Densidad (gr/cm³): | 0.39 | | |
| Contracciones (%) | Tangencial: | 6.20 | |
| | Radial: | 4.20 | |
| | Volumétrica: | 11.00 | |
| Relación T/R: | 1.67 | | |
| Dureza: | Semidura | | |
| Color: | De albura blanco-amarillenta con transición gradual a duramen amarillo, marrón rojizo de forma regular | | |
| Grano: | Recto | | |
| Textura: | Fina | | |
| Propiedades mecánicas (kg/cm²): | | | |
| Módulo de elasticidad: | 110 000 | | |
| Módulo de rotura: | 1780 | | |
| Compresión paralela: | ----- | | |
| Características: | | | |
| Durabilidad natural: | Poco durable, no resiste el ataque de hongos e insectos | | |
| Secado: | Buen secado al aire libre y de fácil secado artificial | | |
| Trabajabilidad: | Fácil | | |
| Usos: | Ebanistería, muebles y contrachapados, tableros de partículas y fibras, pisos, molduras, vigas, papel | | |




Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509

Madera pumaquiro:

Es una madera pesada, la contracción volumétrica es mediana a moderada

Tabla 47: Ficha de madera pumaquiro. (Cámara nacional forestal y Gutiérrez, 2014)


| | | | |
|---|--|-------|--|
| Nombres comunes: | Perú: Pumaquiro | |  |
| Nombres científicos: | Especie: <i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart | | |
| | Familia: Apocynaceae | | |
| Nombre comercial internacional: | Araracanga | | |
| Propiedades físicas: | | | |
| Densidad (gr/cm³): | 0.67 | | |
| Contracciones (%) | Tangencial: | 8.08 | |
| | Radial: | 4.10 | |
| | Volumétrica: | 12.38 | |
| Relación T/R: | 1.97 | | |
| Dureza: | Alta | | |
| Color: | Pardo rojizo | | |
| Grano: | Entrecruzado | | |
| Textura: | Fina | | |
| Propiedades mecánicas (kg/cm²): | | | |
| Módulo de elasticidad: | 148 000 | | |
| Módulo de rotura: | 955 | | |
| Compresión paralela: | 522 | | |
| Características: | | | |
| Durabilidad natural: | Resistente al ataque biológico | | |
| Secado: | Requiere programa moderado | | |
| Trabajabilidad: | Buena | | |
| Usos: | Molduras, pisos, durmientes, muebles, estructura pesada, carrocerías, artículos deportivos | | |



Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509

Madera tornillo:

Es una madera medianamente pesada, presenta contracciones lineales media y contracción volumétrica estable.

Tabla 48: Ficha de madera tornillo. (Cámara nacional forestal y Gutiérrez, 2014)


| | | | |
|---|---|------|--|
| Nombres comunes: | Perú: Tornillo, huayra caspi, cedrorana | |  |
| Nombres científicos: | Especie: Cedrelinga catenaeformis ducke | | |
| | Familia: Fabaceae - mimosoideae | | |
| Nombre comercial internacional: | Tornillo | | |
| Propiedades físicas: | | | |
| Densidad (gr/cm³): | 0.45 | | |
| Contracciones (%) | Tangencial: | 3.00 | |
| | Radial: | 1.00 | |
| | Volumétrica: | 3.90 | |
| Relación T/R: | 2.2 | | |
| Dureza: | Media | | |
| Color: | Albura rosada y duramen rojizo | | |
| Grano: | Entrecruzado | | |
| Textura: | Gruesa | | |
| Propiedades mecánicas (kg/cm²): | | | |
| Módulo de elasticidad: | 108 000 | | |
| Módulo de rotura: | 576 | | |
| Compresión paralela: | 222 | | |
| Características: | | | |
| Durabilidad natural: | Albura susceptible al ataque biológico | | |
| Secado: | Rápido | | |
| Trabajabilidad: | Buena | | |
| Usos: | Pisos, estructuras, armaduras, vigas, columnas, carpintería de interiores | | |


Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509

Madera utucuro:

Es una madera medianamente pesada, presenta contracciones lineales media y contracción volumétrica estable.

Tabla 49: Ficha de madera utucuro. (Cámara nacional forestal y Gutiérrez, 2014)

| | | | |
|---|--|------|--|
| Nombres comunes: | Perú: Utucuro | |  |
| Nombres científicos: | Especie: <i>Septotheca tessmannii</i> | | |
| | Familia: Malvaceae | | |
| Nombre comercial internacional: | | | |
| Propiedades físicas: | | | |
| Densidad (gr/cm³): | 0.61 | | |
| Contracciones (%) | Tangencial: | 3.00 | |
| | Radial: | 1.00 | |
| | Volumétrica: | 3.90 | |
| Relación T/R: | 2.2 | | |
| Dureza: | Media | | |
| Color: | Pardo | | |
| Grano: | Recto | | |
| Textura: | Media | | |
| Propiedades mecánicas (kg/cm²): | | | |
| Módulo de elasticidad: | ----- | | |
| Módulo de rotura: | ----- | | |
| Compresión paralela: | ----- | | |
| Características: | | | |
| Durabilidad natural: | Moderadamente susceptible al ataque biológico | | |
| Secado: | Requiere programa moderado a suave. Riesgos de grietas | | |
| Trabajabilidad: | Moderada, se deben usar metales duros de refuerzo | | |
| Usos: | Carpintería de obra, estructuras livianas, molduras | | |


Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509

Tabla 50: Usos de maderas agrupadas según el reglamento de edificaciones.

| Grupo | Nombre común | Especie | Zona | Usos |
|----------|--------------------------|--------------------------|---|---|
| A | Pumaquiroy | Aspidosperna macrocarpon | Se extiende en todo el norte de América del Sur, de la Amazonía central y occidental. | Machimbrados, pisos, durmientes, muebles, estructura pesada, carrocerías, artículos deportivos. |
| B | Cachimbo colorado | Cariniana domestica | Huánuco, Loreto, Madre de Dios y Ucayali. | Estructuras, molduras, laminados, carpintería de obras |
| | Capirona | Calycophyllum spuceanum | Amazonas, San Martín, Huánuco, Loreto, Madre de Dios y Ucayali. | Pisos, tarugos/molduras, estructuras. |
| | Huayruro | Ormosia sp | Loreto y Ucayali. | Estructuras, muebles/molduras. Pisos/laminados, carpintería. |
| C | Catahua amarilla | Hura crepitans | Loreto (Iquitos, Yurimaguas), Huánuco (Tingo María), Ucayali (Pucallpa), San Martín (Tarapoto). | Laminado/embalaje, carpintería de muebles. |
| | Copaiba | Copaifera sp. | Loreto y Ucayali. | Muebles/molduras, encofrados/triplay, carpintería. |
| | Mohena amarilla | Aniba amazonica | Iquitos, Yurimahuas, Pucallpa, Tornavista, Huánuco y Tingo. | Molduras, muebles, construcciones, carpintería. |
| | Tornillo | Cedrelinga catenaeformis | Iquitos, Huánuco y Cuzco. | Pisos, estructuras, armaduras, vigas, columnas, carpintería de interiores. |
| | Utucuro | Septotheca tesmanii | | Carpintería de obra, estructuras livianas, molduras. |

Fuente: Compendio de Información de 64 especies madereras en el Perú. Confederación Peruana de la Madera. CPM

Tabla 51: Lista de especies agrupadas. (N.T.E. E.010 madera 2014)

| | Nombre | | Grupo |
|----|--------------------|--------------------------|-------|
| | Común | Científico | |
| 1 | Azúcar huayo | Hymenaea oblongifolia | |
| 2 | Estoraque | Miroxylon peruiferum | |
| 3 | Huacapu | Minquartia guianensis | |
| 4 | Pumaquiro | Aspidosperma macrocarpon | A |
| 5 | Quinilla colorada | Manilkara bidentata | |
| 6 | Shihuahuaco marron | Dipteryx odorata | |
| 7 | Aguano masha | Machaerium inundatum | |
| 8 | Ana caspi | Apuleia leiocarpa | |
| 9 | Cachimbo colorado | Cariniana domestica | |
| 10 | Capirona | Calycophyllum spruceanum | B |
| 11 | Huayruro | Ormosia coccinea | |
| 12 | Manchinga | Brosimum uleanum | |
| 13 | Bolaina blanca | Guazuma crinita | |
| 14 | Catahua amarilla | Hura crepitans | |
| 15 | Copaiba | Copaifera officinalis | |
| 16 | Tornillo | Cedrelinga cateniformis | |
| 17 | Lagarto caspi | Calophyllum brasiliense | |
| 18 | Mashonaste | Clarisia racemosa | C |
| 19 | Mohena amarilla | Aniba amazonica | |
| 20 | Mohena rosada | Ocotea bofo | |
| 21 | Utucuro | Septotheca tessmannii | |
| 22 | Paujilruro blanco | Pterygota amazonica | |

Anexo 3: Análisis estadísticos de los resultados obtenidos en los ensayos

Tabla 52: Análisis de varianza para ensayo de humedad.

| Origen | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Media cuadrática | F | p |
|--------|--------------------|-------------------|------------------|-------|-------|
| Madera | 11 | 69.510 | 6.319 | 6.130 | 0.000 |
| Error | 24 | 24.760 | 1.032 | | |
| Total | 35 | 94.270 | | | |

Coefficiente de variación = 8.71%

El análisis de varianza indica que el tipo de madera presentó diferencia significativa ($p < 0.05$) sobre la humedad. Además, de presentar un coeficiente de variación de 8.71%, según Gutiérrez y de la Vara (2009) valores entre 0 a 11%, son considerados como excelente.

Tabla 53: Análisis de varianza para ensayo de densidad básica.

| Origen | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Media cuadrática | F | p |
|--------|--------------------|-------------------|------------------|--------|-------|
| Madera | 11 | 0.414 | 0.038 | 10.570 | 0.000 |
| Error | 24 | 0.085 | 0.004 | | |
| Total | 35 | 0.500 | | | |

Coefficiente de variación = 11.28%

El análisis de varianza indica que el tipo de madera presentó diferencia significativa ($p < 0.05$) sobre la densidad básica. Además, de presentar un coeficiente de variación de 11.28%, según Gutiérrez y de la Vara (2009) valores entre 0 a 11%, son considerados como aceptable.

Tabla 54: Análisis de varianza para ensayo de flexión estática.

| Origen | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Media cuadrática | F | p |
|--------------|--------------------|-------------------|------------------|--------|-------|
| Madera | 11 | 6512098.000 | 592009.000 | 22.870 | 0.000 |
| Forma | 2 | 349257.000 | 174628.000 | 6.750 | 0.002 |
| Madera*Forma | 22 | 1185332.000 | 53879.000 | 2.080 | 0.011 |
| Error | 72 | 1864011.000 | 25889.000 | | |
| Total | 107 | 9910698.000 | | | |

Coeficiente de variación = 21.94%

El análisis de varianza indica que el tipo de madera, la forma y la interacción madera-forma presentaron efecto significativo ($p < 0.05$) sobre la flexión estática. Además, de presentar un coeficiente de variación de 21.94%, según Gutiérrez y de la Vara (2009) valores entre 20 a 30%, son considerados como moradamente aceptable.

Tabla 55: Análisis de varianza para ensayo de compresión paralela a la fibra

| Origen | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Media cuadrática | F | p |
|----------------|--------------------|-------------------|------------------|--------|-------|
| Madera | 11 | 1231529.000 | 111957.000 | 61.040 | 0.000 |
| Forma | 2 | 37817.000 | 18908.000 | 10.310 | 0.000 |
| Madera x Forma | 22 | 185389.000 | 8427.000 | 4.590 | 0.000 |
| Error | 72 | 132056.000 | 1834.000 | | |
| Total | 107 | 1586791.000 | | | |

Coeficiente de variación = 11.34%

El análisis de varianza indica que el tipo de madera, la forma de corte e interacción madera-corte presentaron efecto significativo ($p < 0.05$) sobre la compresión paralela a la fibra. Además, de presentar un coeficiente de variación de 11.34%, según Gutiérrez y de la Vara (2009) valores entre 10 a 20%, son considerados como aceptable.

Tabla 56: Prueba de tuke para ensayo de humedad.

| Madera | Humedad (%) | Tukey = 0.05 |
|-----------|-------------|--------------|
| Copaiba | 14.2 | A |
| Catahua | 13.9 | A B |
| Pino | 12.8 | A B C |
| Cedro | 12.1 | A B C D |
| Capirona | 11.9 | A B C D |
| Mohena | 11.8 | A B C D |
| Cachimbo | 11.3 | A B C D |
| Utucuro | 11.0 | B C D |
| Ishpingo | 10.9 | C D |
| Pumaquiro | 10.5 | C D |
| Tornillo | 10.4 | C D |
| Huayruro | 9.2 | D |

La prueba de Tukey indica que la menor humedad fue para las maderas cedro (12.1%), capirona (11.9%) mohena (11.8%), cachimbo (11.3%) utucuro(11 %), ishpingo(10.9%), pumaquiro (10.5 %), tornillo(10.4%),huayruro (9.2%) (Estadísticamente iguales al compartir la misma letra).

Tabla 57: Prueba de tuke para ensayo de densidad básica.

| Madera | Densidad básica (g/cm ³) | Tukey = 0.05 |
|-----------|--------------------------------------|--------------|
| Capirona | 0.7 | A |
| Pumaquiro | 0.7 | A |
| Huayruro | 0.6 | A B |
| Cachimbo | 0.6 | A B C |
| Mohena | 0.6 | A B C |
| Copaiba | 0.5 | A B C |
| Tornillo | 0.5 | B C D |
| Ishpingo | 0.5 | B C D |
| Utucuro | 0.5 | C D |
| Cedro | 0.4 | C D |
| Catahua | 0.4 | C D |
| Pino | 0.3 | D |

La prueba de Tukey indica que la mayor densidad básica fue para las maderas capirona y pumaquiro con 0.7 y 0.7 g/cm³, respectivamente (estadísticamente iguales al compartir la misma letra).

Tabla 58: Prueba de tuke para ensayo de flexión estática.

| Madera | Forma | Flexión MOR (kg/cm ²) | Tukey = 0.05 |
|-----------|-------------|-----------------------------------|---------------|
| Catahua | Rectangular | 1275 | A |
| Pumaquiro | Rectangular | 1180 | A B |
| Pumaquiro | Circular | 1175 | A B |
| Capirona | Rectangular | 1175 | A B |
| Pumaquiro | Cuadrado | 1154 | A B |
| Capirona | Circular | 1129 | A B C |
| Huayruro | Rectangular | 1099 | A B C D |
| Catahua | Cuadrado | 925 | A B C D E |
| Huayruro | Cuadrado | 900 | A B C D E F |
| Capirona | Cuadrado | 888 | A B C D E F |
| Cedro | Rectangular | 873 | A B C D E F |
| Huayruro | Circular | 870 | A B C D E F |
| Cachimbo | Rectangular | 842 | A B C D E F G |
| Cachimbo | Cuadrado | 806 | A B C D E F G |
| Copaiba | Circular | 765 | A B C D E F G |
| Mohena | Rectangular | 761 | A B C D E F G |
| Tornillo | Circular | 736 | B C D E F G H |
| Cachimbo | Circular | 719 | B C D E F G H |
| Tornillo | Rectangular | 688 | B C D E F G H |
| Tornillo | Cuadrado | 680 | B C D E F G H |
| Cedro | Circular | 628 | C D E F G H |
| Mohena | Cuadrado | 616 | C D E F G H |
| Cedro | Cuadrado | 601 | D E F G H |
| Mohena | Circular | 581 | D E F G H |
| Copaiba | Rectangular | 574 | D E F G H |
| Ishpingo | Circular | 572 | E F G H |
| Ishpingo | Rectangular | 542 | E F G H |
| Copaiba | Cuadrado | 529 | E F G H |
| Catahua | Circular | 505 | E F G H |
| Utucuro | Rectangular | 432 | E F G H |
| Utucuro | Cuadrado | 427 | E F G H |
| Ishpingo | Cuadrado | 416 | E F G H |
| Pino | Cuadrado | 403 | E F G H |
| Utucuro | Circular | 392 | F G H |
| Pino | Rectangular | 327 | G H |
| Pino | Circular | 224 | H |

La prueba de Tukey indica que la mayor flexión estática fue para catahua en forma rectangular con 1275 kg/cm² además pumaquiro en forma rectangular y circular, 1180 y 1175 kg/cm² (estadísticamente iguales al compartir la misma letra).

Tabla 59: Prueba de tuke para ensayos de compresión paralela a la fibra.

| Madera | Forma | Compresión paralela (kg/cm ²) | Tukey = 0.05 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-------------|---|--------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pumaquiro | Cuadrado | 640.6 | A | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pumaquiro | Circular | 627.8 | A | B | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pumaquiro | Rectangular | 598.6 | A | B | C | | | | | | | | | | | | | | | |
| Capirona | Cuadrado | 579.4 | A | B | C | D | | | | | | | | | | | | | | |
| Huayruro | Cuadrado | 573.5 | A | B | C | D | E | | | | | | | | | | | | | |
| Huayruro | Rectangular | 497.8 | | B | C | D | E | F | | | | | | | | | | | | |
| Capirona | Circular | 489.1 | | B | C | D | E | F | | | | | | | | | | | | |
| Cachimbo | Rectangular | 459.7 | | | C | D | E | F | G | | | | | | | | | | | |
| Capirona | Rectangular | 446.6 | | | | D | E | F | G | H | | | | | | | | | | |
| Huayruro | Circular | 439.4 | | | | | E | F | G | H | I | | | | | | | | | |
| Ishpingo | Rectangular | 428.5 | | | | | | F | G | H | I | J | | | | | | | | |
| Mohena | Rectangular | 420.4 | | | | | | F | G | H | I | J | K | | | | | | | |
| Tornillo | Rectangular | 377.2 | | | | | | F | G | H | I | J | K | L | | | | | | |
| Pino | Rectangular | 372.0 | | | | | | F | G | H | I | J | K | L | | | | | | |
| Utucuro | Rectangular | 372.0 | | | | | | F | G | H | I | J | K | L | | | | | | |
| Mohena | Circular | 370.5 | | | | | | F | G | H | I | J | K | L | | | | | | |
| Copaiba | Rectangular | 370.3 | | | | | | F | G | H | I | J | K | L | | | | | | |
| Utucuro | Cuadrado | 365.6 | | | | | | F | G | H | I | J | K | L | | | | | | |
| Utucuro | Circular | 363.9 | | | | | | F | G | H | I | J | K | L | | | | | | |
| Copaiba | Cuadrado | 328.2 | | | | | | | G | H | I | J | K | L | M | | | | | |
| Cedro | Circular | 325.5 | | | | | | | G | H | I | J | K | L | M | | | | | |
| Ishpingo | Circular | 323.5 | | | | | | | G | H | I | J | K | L | M | | | | | |
| Copaiba | Circular | 318.0 | | | | | | | | H | I | J | K | L | M | | | | | |
| Cedro | Cuadrado | 310.1 | | | | | | | | H | I | J | K | L | M | | | | | |
| Mohena | Cuadrado | 308.1 | | | | | | | | H | I | J | K | L | M | | | | | |
| Tornillo | Cuadrado | 299.8 | | | | | | | | | I | J | K | L | M | | | | | |
| Ishpingo | Cuadrado | 298.2 | | | | | | | | | | J | K | L | M | | | | | |
| Tornillo | Circular | 291.2 | | | | | | | | | | | J | K | L | M | | | | |
| Cedro | Rectangular | 290.3 | | | | | | | | | | | | J | K | L | M | | | |
| Cachimbo | Cuadrado | 285.5 | | | | | | | | | | | | | K | L | M | | | |
| Cachimbo | Circular | 276.7 | | | | | | | | | | | | | | L | M | | | |
| Pino | Cuadrado | 248.1 | | | | | | | | | | | | | | | L | M | | |
| Pino | Circular | 241.6 | | | | | | | | | | | | | | | | L | M | |
| Catahua | Circular | 237.6 | | | | | | | | | | | | | | | | L | M | |
| Catahua | Cuadrado | 216.1 | | | | | | | | | | | | | | | | | L | M |
| Catahua | Rectangular | 204.3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | M |

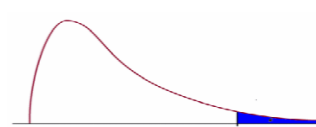
La prueba de Tukey indica que la mayor compresión paralela a la fibra fue para pumaquiro en forma cuadrada, circular y rectangular (640.6, 627.8 598.6 kg/cm², respectivamente) además de la capirona y huayruro en forma cuadrada con 579.4 y 573.5 kg/cm² (estadísticamente iguales al compartir la misma letra).

Distribución F 0.05

En las columnas se encuentran los valores F que corresponden al área 0.05 a la derecha

En las columnas se encuentran los grados de libertad del numerador

En los renglones se encuentran los grados de libertad del denominador.



| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 15 | 20 | 24 | 30 | 40 | 60 | 120 |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 161.4 | 199.5 | 215.7 | 224.6 | 230.2 | 234.0 | 236.8 | 238.9 | 240.5 | 241.9 | 243.0 | 243.9 | 245.9 | 248.0 | 249.1 | 250.1 | 251.1 | 252.2 | 253.3 |
| 2 | 18.51 | 19.00 | 19.16 | 19.25 | 19.30 | 19.33 | 19.35 | 19.37 | 19.38 | 19.40 | 19.40 | 19.41 | 19.43 | 19.45 | 19.45 | 19.46 | 19.47 | 19.48 | 19.49 |
| 3 | 10.13 | 9.55 | 9.28 | 9.12 | 9.01 | 8.94 | 8.89 | 8.85 | 8.81 | 8.79 | 8.76 | 8.74 | 8.70 | 8.66 | 8.64 | 8.62 | 8.59 | 8.57 | 8.55 |
| 4 | 7.71 | 6.94 | 6.59 | 6.39 | 6.26 | 6.16 | 6.09 | 6.04 | 6.00 | 5.96 | 5.94 | 5.91 | 5.86 | 5.80 | 5.77 | 5.75 | 5.72 | 5.69 | 5.66 |
| 5 | 6.61 | 5.79 | 5.41 | 5.19 | 5.05 | 4.95 | 4.88 | 4.82 | 4.77 | 4.74 | 4.70 | 4.68 | 4.62 | 4.56 | 4.53 | 4.50 | 4.46 | 4.43 | 4.40 |
| 6 | 5.99 | 5.14 | 4.76 | 4.53 | 4.39 | 4.28 | 4.21 | 4.15 | 4.10 | 4.06 | 4.03 | 4.00 | 3.94 | 3.87 | 3.84 | 3.81 | 3.77 | 3.74 | 3.70 |
| 7 | 5.59 | 4.74 | 4.35 | 4.12 | 3.97 | 3.87 | 3.79 | 3.73 | 3.68 | 3.64 | 3.60 | 3.57 | 3.51 | 3.44 | 3.41 | 3.38 | 3.34 | 3.30 | 3.27 |
| 8 | 5.32 | 4.46 | 4.07 | 3.84 | 3.69 | 3.58 | 3.50 | 3.44 | 3.39 | 3.35 | 3.31 | 3.28 | 3.22 | 3.15 | 3.12 | 3.08 | 3.04 | 3.01 | 2.97 |
| 9 | 5.12 | 4.26 | 3.86 | 3.63 | 3.48 | 3.37 | 3.29 | 3.23 | 3.18 | 3.14 | 3.10 | 3.07 | 3.01 | 2.94 | 2.90 | 2.86 | 2.83 | 2.79 | 2.75 |
| 10 | 4.96 | 4.10 | 3.71 | 3.48 | 3.33 | 3.22 | 3.14 | 3.07 | 3.02 | 2.98 | 2.94 | 2.91 | 2.85 | 2.77 | 2.74 | 2.70 | 2.66 | 2.62 | 2.58 |
| 11 | 4.84 | 3.98 | 3.59 | 3.36 | 3.20 | 3.09 | 3.01 | 2.95 | 2.90 | 2.85 | 2.82 | 2.79 | 2.72 | 2.65 | 2.61 | 2.57 | 2.53 | 2.49 | 2.45 |
| 12 | 4.75 | 3.89 | 3.49 | 3.26 | 3.11 | 3.00 | 2.91 | 2.85 | 2.80 | 2.75 | 2.72 | 2.69 | 2.62 | 2.54 | 2.51 | 2.47 | 2.43 | 2.38 | 2.34 |
| 13 | 4.67 | 3.81 | 3.41 | 3.18 | 3.03 | 2.92 | 2.83 | 2.77 | 2.71 | 2.67 | 2.63 | 2.60 | 2.53 | 2.46 | 2.42 | 2.38 | 2.34 | 2.30 | 2.25 |
| 14 | 4.60 | 3.74 | 3.34 | 3.11 | 2.96 | 2.85 | 2.76 | 2.70 | 2.65 | 2.60 | 2.57 | 2.53 | 2.46 | 2.39 | 2.35 | 2.31 | 2.27 | 2.22 | 2.18 |
| 15 | 4.54 | 3.68 | 3.29 | 3.06 | 2.90 | 2.79 | 2.71 | 2.64 | 2.59 | 2.54 | 2.51 | 2.48 | 2.40 | 2.33 | 2.29 | 2.25 | 2.20 | 2.16 | 2.11 |
| 16 | 4.49 | 3.63 | 3.24 | 3.01 | 2.85 | 2.74 | 2.66 | 2.59 | 2.54 | 2.49 | 2.46 | 2.42 | 2.35 | 2.28 | 2.24 | 2.19 | 2.15 | 2.11 | 2.06 |
| 17 | 4.45 | 3.59 | 3.20 | 2.96 | 2.81 | 2.70 | 2.61 | 2.55 | 2.49 | 2.45 | 2.41 | 2.38 | 2.31 | 2.23 | 2.19 | 2.15 | 2.10 | 2.06 | 2.01 |
| 18 | 4.41 | 3.55 | 3.16 | 2.93 | 2.77 | 2.66 | 2.58 | 2.51 | 2.46 | 2.41 | 2.37 | 2.34 | 2.27 | 2.19 | 2.15 | 2.11 | 2.06 | 2.02 | 1.97 |
| 19 | 4.38 | 3.52 | 3.13 | 2.90 | 2.74 | 2.63 | 2.54 | 2.48 | 2.42 | 2.38 | 2.34 | 2.31 | 2.23 | 2.16 | 2.11 | 2.07 | 2.03 | 1.98 | 1.93 |
| 20 | 4.35 | 3.49 | 3.10 | 2.87 | 2.71 | 2.60 | 2.51 | 2.45 | 2.39 | 2.35 | 2.31 | 2.28 | 2.20 | 2.12 | 2.08 | 2.04 | 1.99 | 1.95 | 1.90 |
| 21 | 4.32 | 3.47 | 3.07 | 2.84 | 2.68 | 2.57 | 2.49 | 2.42 | 2.37 | 2.32 | 2.28 | 2.25 | 2.18 | 2.10 | 2.05 | 2.01 | 1.96 | 1.92 | 1.87 |
| 22 | 4.30 | 3.44 | 3.05 | 2.82 | 2.66 | 2.55 | 2.46 | 2.40 | 2.34 | 2.30 | 2.26 | 2.23 | 2.15 | 2.07 | 2.03 | 1.98 | 1.94 | 1.89 | 1.84 |
| 23 | 4.28 | 3.42 | 3.03 | 2.80 | 2.64 | 2.53 | 2.44 | 2.37 | 2.32 | 2.27 | 2.24 | 2.20 | 2.13 | 2.05 | 2.01 | 1.96 | 1.91 | 1.86 | 1.81 |
| 24 | 4.26 | 3.40 | 3.01 | 2.78 | 2.62 | 2.51 | 2.42 | 2.36 | 2.30 | 2.25 | 2.22 | 2.18 | 2.11 | 2.03 | 1.98 | 1.94 | 1.89 | 1.84 | 1.79 |
| 25 | 4.24 | 3.39 | 2.99 | 2.76 | 2.60 | 2.49 | 2.40 | 2.34 | 2.28 | 2.24 | 2.20 | 2.16 | 2.09 | 2.01 | 1.96 | 1.92 | 1.87 | 1.82 | 1.77 |
| 26 | 4.23 | 3.37 | 2.98 | 2.74 | 2.59 | 2.47 | 2.39 | 2.32 | 2.27 | 2.22 | 2.18 | 2.15 | 2.07 | 1.99 | 1.95 | 1.90 | 1.85 | 1.80 | 1.75 |
| 27 | 4.21 | 3.35 | 2.96 | 2.73 | 2.57 | 2.46 | 2.37 | 2.31 | 2.25 | 2.20 | 2.17 | 2.13 | 2.06 | 1.97 | 1.93 | 1.88 | 1.84 | 1.79 | 1.73 |
| 28 | 4.20 | 3.34 | 2.95 | 2.71 | 2.56 | 2.45 | 2.36 | 2.29 | 2.24 | 2.19 | 2.15 | 2.12 | 2.04 | 1.96 | 1.91 | 1.87 | 1.82 | 1.77 | 1.71 |
| 29 | 4.18 | 3.33 | 2.93 | 2.70 | 2.55 | 2.43 | 2.35 | 2.28 | 2.22 | 2.18 | 2.14 | 2.10 | 2.03 | 1.94 | 1.90 | 1.85 | 1.81 | 1.75 | 1.70 |
| 30 | 4.17 | 3.32 | 2.92 | 2.69 | 2.53 | 2.42 | 2.33 | 2.27 | 2.21 | 2.16 | 2.13 | 2.09 | 2.01 | 1.93 | 1.89 | 1.84 | 1.79 | 1.74 | 1.68 |
| 40 | 4.08 | 3.23 | 2.84 | 2.61 | 2.45 | 2.34 | 2.25 | 2.18 | 2.12 | 2.08 | 2.04 | 2.00 | 1.92 | 1.84 | 1.79 | 1.74 | 1.69 | 1.64 | 1.58 |
| 60 | 4.00 | 3.15 | 2.76 | 2.53 | 2.37 | 2.25 | 2.17 | 2.10 | 2.04 | 1.99 | 1.95 | 1.92 | 1.84 | 1.75 | 1.70 | 1.65 | 1.59 | 1.53 | 1.47 |
| 120 | 3.92 | 3.07 | 2.68 | 2.45 | 2.29 | 2.18 | 2.09 | 2.02 | 1.96 | 1.91 | 1.87 | 1.83 | 1.75 | 1.66 | 1.61 | 1.55 | 1.50 | 1.43 | 1.35 |

Para calcular el valor F en excel, se utiliza la función de la distribución F inversa

=distr.f.inv(0.05; gl num; gl den)

© Ing. Jesús Alberto Mellado Bosque

Tabla 60: Prueba no paramétrica de humedad

| Tipo de madera | Mediana | Clasificación de medias | Valor Z |
|----------------|---------|-------------------------|---------|
| Copaiba | 14.09 | 34.00 | 2.66 |
| Pino | 12.62 | 30.00 | 1.97 |
| Catahua | 13.64 | 26.00 | 1.29 |
| Cedro | 12.20 | 25.30 | 1.17 |
| Capirona | 11.97 | 24.00 | 0.94 |
| Mohena | 11.79 | 22.70 | 0.72 |
| Cachimbo | 11.26 | 18.00 | -0.09 |
| Utucuro | 10.92 | 14.30 | -0.72 |
| Ishpingo | 10.81 | 12.70 | -1.00 |
| Pumaquiro | 10.49 | 7.00 | -1.97 |
| Tornillo | 10.43 | 6.00 | -2.15 |
| Huayruro | 9.30 | 2.00 | -2.83 |

Tabla 61: Prueba no paramétrica de densidad básica

| Tipo de madera | Mediana | Clasificación de medias | Valor Z |
|----------------|---------|-------------------------|---------|
| Capirona | 0.70 | 34.70 | 2.78 |
| Pumaquiro | 0.68 | 32.00 | 2.32 |
| Huayruro | 0.65 | 28.00 | 1.63 |
| Cachimbo | 0.58 | 24.00 | 0.94 |
| Mohena | 0.55 | 22.30 | 0.66 |
| Copaiba | 0.53 | 19.00 | 0.09 |
| Tornillo | 0.51 | 16.00 | -0.43 |
| Ishpingo | 0.49 | 13.70 | -0.83 |
| Utucuro | 0.34 | 12.20 | -1.09 |
| Cedro | 0.43 | 9.00 | -1.63 |
| Catahua | 0.42 | 8.00 | -1.80 |
| Pino | 0.34 | 3.20 | -2.63 |

Tabla 62: Prueba no paramétrica de compresión paralela a la fibra

| Tipo de madera | Forma | Mediana | Clasificación de medias | Valor Z |
|----------------|-------------|---------|-------------------------|---------|
| Pumaquiro | Cuadrado | 637.33 | 104.30 | 2.79 |
| Pumaquiro | Circular | 622.80 | 102.70 | 2.70 |
| Pumaquiro | Rectangular | 605.34 | 98.70 | 2.48 |
| Huayruro | Cuadrado | 544.45 | 97.00 | 2.38 |
| Capirona | Cuadrado | 585.56 | 96.70 | 2.36 |
| Capirona | Circular | 495.95 | 89.00 | 1.93 |
| Cachimbo | Rectangular | 466.11 | 85.70 | 1.75 |
| Capirona | Rectangular | 440.71 | 83.00 | 1.60 |
| Huayruro | Rectangular | 512.85 | 81.30 | 1.50 |
| Huayruro | Circular | 460.46 | 81.00 | 1.49 |
| Ishpingo | Rectangular | 418.66 | 78.70 | 1.36 |
| Mohena | Rectangular | 420.43 | 77.30 | 1.28 |
| Tornillo | Rectangular | 375.34 | 65.00 | 0.59 |
| Utucuro | Rectangular | 374.12 | 62.70 | 0.46 |
| Pino | Rectangular | 397.91 | 61.70 | 0.40 |
| Copaiba | Rectangular | 368.03 | 61.70 | 0.40 |
| Mohena | Circular | 379.64 | 61.30 | 0.38 |
| Utucuro | Cuadrado | 360.68 | 60.30 | 0.33 |
| Utucuro | Circular | 370.31 | 59.50 | 0.28 |
| Copaiba | Cuadrado | 326.36 | 46.70 | -0.44 |
| Ishpingo | Circular | 328.74 | 44.30 | -0.57 |
| Cedro | Circular | 335.53 | 42.70 | -0.66 |
| Copaiba | Circular | 315.15 | 38.50 | -0.90 |
| Mohena | Cuadrado | 318.70 | 36.30 | -1.02 |
| Cedro | Cuadrado | 292.52 | 35.00 | -1.09 |
| Tornillo | Cuadrado | 301.14 | 31.70 | -1.28 |
| Ishpingo | Cuadrado | 311.24 | 30.70 | -1.34 |
| Tornillo | Circular | 294.16 | 28.00 | -1.49 |
| Cedro | Rectangular | 299.52 | 26.70 | -1.56 |
| Cachimbo | Cuadrado | 285.39 | 24.30 | -1.69 |
| Pino | Cuadrado | 274.48 | 19.70 | -1.95 |
| Cachimbo | Circular | 270.74 | 19.00 | -1.99 |
| Pino | Circular | 245.49 | 10.30 | -2.48 |
| Catahua | Circular | 243.66 | 9.30 | -2.53 |
| Catahua | Cuadrado | 217.35 | 6.70 | -2.68 |
| Catahua | Rectangular | 211.15 | 4.70 | -2.79 |

Tabla 63: Desviación estándar para humedad.

| Tipo de madera | Humedad (%) | | |
|----------------|-------------|---------------------|-------------------------------|
| | Promedio | Desviación estandar | Coefficiente de variación (%) |
| Cachimbo | 11.259 | ± 0.057 | 0.51 |
| Huayruro | 9.215 | ± 0.249 | 2.70 |
| Tornillo | 10.414 | ± 0.090 | 0.87 |
| Mohena | 11.829 | ± 0.137 | 1.16 |
| Pumaquiro | 10.474 | ± 0.056 | 0.53 |
| Utucuro | 10.955 | ± 0.121 | 1.11 |
| Cedro | 12.086 | ± 0.324 | 2.68 |
| Capirona | 11.916 | ± 0.144 | 1.21 |
| Pino | 12.841 | ± 0.427 | 3.33 |
| Ishpingo | 10.860 | ± 0.183 | 1.69 |
| Copaiba | 14.186 | ± 0.190 | 1.34 |
| Catahua | 13.870 | ± 3.450 | 24.86 |

Tabla 64: Desviación estándar para densidad básica.

| Tipo de madera | Densidad básica (g/cm ³) | | |
|----------------|--------------------------------------|---------------------|-------------------------------|
| | Promedio | Desviación estandar | Coefficiente de variación (%) |
| Cachimbo | 0.583 | ± 0.006 | 0.99 |
| Huayruro | 0.643 | ± 0.021 | 3.24 |
| Tornillo | 0.510 | ± 0.020 | 3.92 |
| Mohena | 0.560 | ± 0.036 | 6.44 |
| Pumaquiro | 0.687 | ± 0.012 | 1.68 |
| Utucuro | 0.450 | ± 0.199 | 44.28 |
| Cedro | 0.430 | ± 0.010 | 2.33 |
| Capirona | 0.703 | ± 0.006 | 0.82 |
| Pino | 0.337 | ± 0.006 | 1.71 |
| Ishpingo | 0.493 | ± 0.015 | 3.10 |
| Copaiba | 0.530 | ± 0.010 | 1.89 |
| Catahua | 0.423 | ± 0.015 | 3.61 |

Tabla 65: Desviación estándar para flexión estática

| Tipo de madera | Forma | Flexión estática (kg/cm ²) | | |
|----------------|-------------|--|---------------------|-------------------------------|
| | | Promedio | Desviación estándar | Coefficiente de variación (%) |
| Cachimbo | Rectangular | 841.90 | ± 105.30 | 12.51 |
| Cachimbo | Cuadrado | 805.70 | ± 104.60 | 12.98 |
| Cachimbo | Circular | 718.50 | ± 59.10 | 8.23 |
| Huayruro | Rectangular | 1099.00 | ± 205.00 | 18.65 |
| Huayruro | Cuadrado | 900.00 | ± 367.00 | 40.78 |
| Huayruro | Circular | 870.00 | ± 320.00 | 36.78 |
| Tornillo | Rectangular | 688.10 | ± 148.60 | 21.60 |
| Tornillo | Cuadrado | 680.30 | ± 32.40 | 4.76 |
| Tornillo | Circular | 735.50 | ± 103.00 | 14.00 |
| Mohena | Rectangular | 761.20 | ± 34.90 | 4.58 |
| Mohena | Cuadrado | 616.00 | ± 90.90 | 14.76 |
| Mohena | Circular | 580.60 | ± 94.00 | 16.19 |
| Pumaquiro | Rectangular | 1179.50 | ± 79.80 | 6.77 |
| Pumaquiro | Cuadrado | 1154.40 | ± 155.50 | 13.47 |
| Pumaquiro | Circular | 1175.00 | ± 256.00 | 21.79 |
| Utucuro | Rectangular | 432.40 | ± 19.30 | 4.46 |
| Utucuro | Cuadrado | 427.30 | ± 38.00 | 8.89 |
| Utucuro | Circular | 392.40 | ± 70.90 | 18.07 |
| Cedro | Rectangular | 872.60 | ± 152.50 | 17.48 |
| Cedro | Cuadrado | 600.70 | ± 78.70 | 13.10 |
| Cedro | Circular | 627.60 | ± 107.60 | 17.14 |
| Capirona | Rectangular | 1174.50 | ± 72.00 | 6.13 |
| Capirona | Cuadrado | 888.00 | ± 227.00 | 25.56 |
| Capirona | Circular | 1129.00 | ± 278.00 | 24.62 |
| Pino | Rectangular | 327.00 | ± 205.00 | 62.69 |
| Pino | Cuadrado | 403.00 | ± 256.00 | 63.52 |
| Pino | Circular | 224.00 | ± 174.00 | 77.68 |
| Ishpingo | Rectangular | 541.50 | ± 116.90 | 21.59 |
| Ishpingo | Cuadrado | 415.70 | ± 128.50 | 30.91 |
| Ishpingo | Circular | 572.40 | ± 143.00 | 24.98 |
| Copaiba | Rectangular | 573.60 | ± 131.10 | 22.86 |
| Copaiba | Cuadrado | 529.30 | ± 67.90 | 12.83 |
| Copaiba | Circular | 764.90 | ± 95.30 | 12.46 |
| Catahua | Rectangular | 1275.00 | ± 179.00 | 14.04 |
| Catahua | Cuadrado | 925.00 | ± 197.00 | 21.30 |
| Catahua | Circular | 504.70 | ± 86.20 | 17.08 |

Tabla 66: Desviación estándar para compresión paralela a la fibra

| Tipo de madera | Forma | Compresión paralela a la fibra (kg/cm ²) | | |
|----------------|-------------|--|---------------------|-------------------------------|
| | | Promedio | Desviación estandar | Coefficiente de variación (%) |
| Cachimbo | Rectangular | 459.70 ± | 31.20 | 6.78 |
| Cachimbo | Cuadrado | 285.49 ± | 9.13 | 3.20 |
| Cachimbo | Circular | 276.65 ± | 13.81 | 4.99 |
| Huayruro | Rectangular | 497.80 ± | 164.60 | 33.07 |
| Huayruro | Cuadrado | 573.50 ± | 110.00 | 19.19 |
| Huayruro | Circular | 439.40 ± | 40.60 | 9.24 |
| Tornillo | Rectangular | 377.18 ± | 11.93 | 3.16 |
| Tornillo | Cuadrado | 299.76 ± | 3.41 | 1.14 |
| Tornillo | Circular | 291.22 ± | 12.88 | 4.42 |
| Mohena | Rectangular | 420.35 ± | 8.26 | 1.96 |
| Mohena | Cuadrado | 308.10 ± | 31.20 | 10.11 |
| Mohena | Circular | 370.50 ± | 49.50 | 13.35 |
| Pumaquiro | Rectangular | 598.60 ± | 25.40 | 4.24 |
| Pumaquiro | Cuadrado | 640.60 ± | 19.70 | 3.08 |
| Pumaquiro | Circular | 627.84 ± | 13.64 | 2.17 |
| Utucuro | Rectangular | 371.97 ± | 14.26 | 3.83 |
| Utucuro | Cuadrado | 365.57 ± | 8.70 | 2.38 |
| Utucuro | Circular | 363.92 ± | 12.31 | 3.38 |
| Cedro | Rectangular | 290.30 ± | 22.30 | 7.67 |
| Cedro | Cuadrado | 310.10 ± | 45.90 | 14.79 |
| Cedro | Circular | 325.50 ± | 28.70 | 8.83 |
| Capirona | Rectangular | 446.56 ± | 14.40 | 3.23 |
| Capirona | Cuadrado | 579.41 ± | 16.97 | 2.93 |
| Capirona | Circular | 489.10 ± | 26.80 | 5.48 |
| Pino | Rectangular | 372.00 ± | 48.00 | 12.91 |
| Pino | Cuadrado | 248.10 ± | 84.20 | 33.94 |
| Pino | Circular | 241.60 ± | 29.80 | 12.35 |
| Ishpingo | Rectangular | 428.50 ± | 18.20 | 4.25 |
| Ishpingo | Cuadrado | 298.20 ± | 27.80 | 9.33 |
| Ishpingo | Circular | 323.50 ± | 17.30 | 5.36 |
| Copaiba | Rectangular | 370.33 ± | 13.13 | 3.55 |
| Copaiba | Cuadrado | 328.18 ± | 6.63 | 2.02 |
| Copaiba | Circular | 318.00 ± | 30.50 | 9.58 |
| Catahua | Rectangular | 204.33 ± | 15.35 | 7.51 |
| Catahua | Cuadrado | 216.06 ± | 13.59 | 6.29 |
| Catahua | Circular | 237.60 ± | 24.00 | 10.10 |

Anexo 4: Análisis de costos de elementos estructurales de madera

Viguetas de madera:

Partida 1.01 viguetas de madera cachimbo 2"x 5" x 13'

| Rend.: 10.00 und/día | | costo unitario directo (S/.) por: m ² | | | | | 56.12 |
|----------------------|-----------------------|--|-----------|----------|--------|---------|-----------|
| Código | Descripción insumo | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | Sub-Total |
| Materiales | | | | | | | |
| | Clavos | kg | | 0.24 | 2.60 | 0.62 | |
| | Madera cachimbo | p2 | | 10.83 | 4.00 | 43.33 | 43.96 |
| Mano de obra | | | | | | | |
| | Peón | HH | 1.00 | 0.80 | 14.76 | 11.81 | 11.81 |
| Equipos | | | | | | | |
| | Herramientas manuales | %MO | | 3.00 | 11.81 | 0.354 | 0.354 |

Fuente: Rendimiento de obra - Gobierno Regional La Libertad

Partida 1.02 viguetas de madera capirona 2"x 5" x 13'

| Rend.: 10.00 und/día | | costo unitario directo (s/.) por: m ² | | | | | 56.12 |
|----------------------|-----------------------|--|-----------|----------|--------|---------|-----------|
| Código | Descripción insumo | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | Sub-Total |
| Materiales | | | | | | | |
| | Clavos | kg | | 0.24 | 2.60 | 0.62 | |
| | Madera Capirona | p2 | | 10.83 | 4.00 | 43.33 | 43.96 |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| | Peón | HH | 1.00 | 0.80 | 14.76 | 11.81 | 11.81 |
| Equipos | | | | | | | |
| | Herramientas manuales | %MO | | 3.00 | 11.81 | 0.354 | 0.354 |

Fuente: Rendimiento de obra - Gobierno Regional La Libertad

Partida 1.03 viguetas de madera catahua 2"x 5" x 13'

| Rend.: 10.00 und/día | | costo unitario directo (s/.) por: m ² | | | | | 42.04 |
|----------------------|-----------------------|--|-----------|----------|--------|---------|-----------|
| Código | Descripción insumo | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | Sub-Total |
| Materiales | | | | | | | |
| | Clavos | kg | | 0.24 | 2.60 | 0.62 | |
| | Madera catahua | p2 | | 10.83 | 2.70 | 29.25 | 29.87 |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| | Peón | HH | 1.00 | 0.80 | 14.76 | 11.81 | 11.81 |
| Equipos | | | | | | | |
| | Herramientas manuales | %MO | | 3.00 | 11.81 | 0.354 | 0.354 |

Fuente: Rendimiento de obra - Gobierno Regional La Libertad

Partida **1.04 viguetas de madera cedro 2"x 5" x 13'**

| | | | | costo unitario directo (s/.) por: m ² | | | |
|----------------------|-----------------------|-----|-----------|---|--------|---------|---------------|
| Rend.: 10.00 und/día | | | | | | | 142.79 |
| Código | Descripción insumo | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | Sub-Total |
| Materiales | | | | | | | |
| | Clavos | kg | | 0.24 | 2.60 | 0.62 | |
| | Madera cedro | p2 | | 10.83 | 12.00 | 130.00 | 130.62 |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| | Peón | HH | 1.00 | 0.80 | 14.76 | 11.81 | |
| | | | | | | | 11.81 |
| Equipos | | | | | | | |
| | Herramientas manuales | %MO | | 3.00 | 11.81 | 0.354 | 0.354 |

Fuente: Rendimiento de obra - Gobierno Regional La Libertad

Partida **1.05 viguetas de madera copaiba 2"x 5" x 13'**

| | | | | costo unitario directo (s/.) por: m ² | | | |
|----------------------|-----------------------|-----|-----------|---|--------|---------|--------------|
| Rend.: 10.00 und/día | | | | | | | 56.12 |
| Código | Descripción insumo | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | Sub-Total |
| Materiales | | | | | | | |
| | Clavos | kg | | 0.24 | 2.60 | 0.62 | |
| | Madera copaiba | p2 | | 10.83 | 4.00 | 43.33 | 43.96 |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| | Peón | HH | 1.00 | 0.80 | 14.76 | 11.81 | |
| | | | | | | | 11.81 |
| Equipos | | | | | | | |
| | Herramientas manuales | %MO | | 3.00 | 11.81 | 0.354 | 0.354 |

Fuente: Rendimiento de obra - Gobierno Regional La Libertad

Partida **1.06 viguetas de madera huayruro 2"x 5" x 13'**

| | | | | costo unitario directo (s/.) por: m ² | | | |
|----------------------|-----------------------|-----|-----------|---|--------|---------|--------------|
| Rend.: 10.00 und/día | | | | | | | 64.79 |
| Código | Descripción insumo | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | Sub-Total |
| Materiales | | | | | | | |
| | Clavos | kg | | 0.24 | 2.60 | 0.62 | |
| | Madera huayruro | p2 | | 10.83 | 4.80 | 52.00 | 52.62 |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| | Peón | HH | 1.00 | 0.80 | 14.76 | 11.81 | |
| | | | | | | | 11.81 |
| Equipos | | | | | | | |
| | Herramientas manuales | %MO | | 3.00 | 11.81 | 0.354 | 0.354 |

Fuente: Rendimiento de obra - Gobierno Regional La Libertad

Partida **1.07 viguetas de madera ishpingo 2"x 5" x 13'**

| | | | | costo unitario directo (s/.) por: m ² | | | |
|----------------------|-----------------------|-----|-----------|---|--------|---------|--------------|
| Rend.: 10.00 und/día | | | | | | | 72.37 |
| Código | Descripción insumo | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | Sub-Total |
| Materiales | | | | | | | |
| | Clavos | kg | | 0.24 | 2.60 | 0.62 | |
| | Madera ishpingo | p2 | | 10.83 | 5.50 | 59.58 | 60.21 |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| | Peón | HH | 1.00 | 0.80 | 14.76 | 11.81 | |
| | | | | | | | 11.81 |
| Equipos | | | | | | | |
| | Herramientas manuales | %MO | | 3.00 | 11.81 | 0.354 | 0.354 |

Fuente: Rendimiento de obra - Gobierno Regional La Libertad

Partida **1.08 viguetas de madera mohena 2"x 5" x 13'**

| | | | | costo unitario directo (s/.) por: m ² | | | |
|----------------------|-----------------------|-----|-----------|---|--------|---------|--------------|
| Rend.: 10.00 und/día | | | | | | | 69.12 |
| Código | Descripción insumo | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | Sub-Total |
| Materiales | | | | | | | |
| | Clavos | kg | | 0.24 | 2.60 | 0.62 | |
| | Madera mohena | p2 | | 10.83 | 5.20 | 56.33 | 56.96 |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| | Peón | HH | 1.00 | 0.80 | 14.76 | 11.81 | |
| | | | | | | | 11.81 |
| Equipos | | | | | | | |
| | Herramientas manuales | %MO | | 3.00 | 11.81 | 0.354 | 0.354 |

Fuente: Rendimiento de obra - Gobierno Regional La Libertad

Partida **1.09 viguetas de madera pino 2"x 5" x 13'**

| | | | | costo unitario directo (s/.) por: m ² | | | |
|----------------------|-----------------------|-----|-----------|---|--------|---------|--------------|
| Rend.: 10.00 und/día | | | | | | | 45.29 |
| Código | Descripción insumo | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | Sub-Total |
| Materiales | | | | | | | |
| | Clavos | kg | | 0.24 | 2.60 | 0.62 | |
| | Madera pino | p2 | | 10.83 | 3.00 | 32.50 | 33.12 |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| | Peón | HH | 1.00 | 0.80 | 14.76 | 11.81 | |
| | | | | | | | 11.81 |
| Equipos | | | | | | | |
| | Herramientas manuales | %MO | | 3.00 | 11.81 | 0.354 | 0.354 |

Fuente: Rendimiento de obra - Gobierno Regional La Libertad

Partida **1.10 viguetas de madera pumaquiرو 2"x 5" x 13'**

| Rend.: 10.00 und/día | | | | | costo unitario directo (s./) por: m ² | | 86.45 |
|----------------------|-----------------------|-----|-----------|----------|--|---------|--------------|
| Código | Descripción insumo | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | Sub-Total |
| Materiales | | | | | | | |
| | Clavos | kg | | 0.24 | 2.60 | 0.62 | |
| | Madera pumaquiرو | p2 | | 10.83 | 6.80 | 73.67 | 74.29 |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| | Peón | HH | 1.00 | 0.80 | 14.76 | 11.81 | |
| | | | | | | | 11.81 |
| Equipos | | | | | | | |
| | Herramientas manuales | %MO | | 3.00 | 11.81 | 0.354 | 0.354 |

Fuente: Rendimiento de obra - Gobierno Regional La Libertad

Partida **1.11 viguetas de madera tornillo 2"x 5" x 13'**

| Rend.: 10.00 und/día | | | | | costo unitario directo (s./) por: m ² | | 75.62 |
|----------------------|-----------------------|-----|-----------|----------|--|---------|--------------|
| Código | Descripción insumo | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | Sub-Total |
| Materiales | | | | | | | |
| | Clavos | kg | | 0.24 | 2.60 | 0.62 | |
| | Madera tornillo | p2 | | 10.83 | 5.80 | 62.83 | 63.46 |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| | Peón | HH | 1.00 | 0.80 | 14.76 | 11.81 | |
| | | | | | | | 11.81 |
| Equipos | | | | | | | |
| | Herramientas manuales | %MO | | 3.00 | 11.81 | 0.354 | 0.354 |

Fuente: Rendimiento de obra - Gobierno Regional La Libertad

Partida **1.12 viguetas de madera utucuro 2"x 5" x 13'**

| Rend.: 10.00 und/día | | | | | costo unitario directo (s./) por: m ² | | 53.95 |
|----------------------|-----------------------|-----|-----------|----------|--|---------|--------------|
| Código | Descripción insumo | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | Sub-Total |
| Materiales | | | | | | | |
| | Clavos | kg | | 0.24 | 2.60 | 0.62 | |
| | Madera utucuro | p2 | | 10.83 | 3.80 | 41.17 | 41.79 |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| | Peón | HH | 1.00 | 0.80 | 14.76 | 11.81 | |
| | | | | | | | 11.81 |
| Equipos | | | | | | | |
| | Herramientas manuales | %MO | | 3.00 | 11.81 | 0.354 | 0.354 |

Fuente: Rendimiento de obra - Gobierno Regional La Libertad

Partida **1.01 Vigas de madera cachimbo 2"x7" x 13'**

| | | | | costo unitario directo (S./) por: m ² | | | |
|---------------------|-----------------------|----------------|-----------|---|--------|---------|--------------|
| Rend.: | | 10.00 und/día | | | | | 73.45 |
| Código | Descripción insumo | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | Sub-Total |
| Materiales | | | | | | | |
| | Clavos | kg | | 0.24 | 2.60 | 0.62 | |
| | Madera cachimbo | p ² | | 15.17 | 4.00 | 60.67 | 61.29 |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| | Peón | hh | 1.00 | 0.80 | 14.76 | 11.81 | |
| 11.81 | | | | | | | |
| Equipos | | | | | | | |
| | Herramientas manuales | %MO | | 3.00 | 11.81 | 0.354 | 0.354 |

Fuente: Rendimiento de obra - Gobierno Regional La Libertad

Partida **1.02 Vigas de madera capirona 2"x7" x 13'**

| | | | | costo unitario directo (S./) por: m ² | | | |
|---------------------|-----------------------|----------------|-----------|---|--------|---------|--------------|
| Rend.: | | 10.00 und/día | | | | | 73.45 |
| Código | Descripción insumo | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | Sub-Total |
| Materiales | | | | | | | |
| | Clavos | kg | | 0.24 | 2.60 | 0.62 | |
| | Madera capirona | p ² | | 15.17 | 4.00 | 60.67 | 61.29 |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| | Peón | hh | 1.00 | 0.80 | 14.76 | 11.81 | |
| 11.81 | | | | | | | |
| Equipos | | | | | | | |
| | Herramientas manuales | %MO | | 3.00 | 11.81 | 0.354 | 0.354 |

Fuente: Rendimiento de obra - Gobierno Regional La Libertad

Partida **1.03 Vigas de madera catahua 2"x7" x 13'**

| | | | | costo unitario directo (S./) por: m ² | | | |
|---------------------|-----------------------|----------------|-----------|---|--------|---------|--------------|
| Rend.: | | 10.00 und/día | | | | | 53.74 |
| Código | Descripción insumo | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | Sub-Total |
| Materiales | | | | | | | |
| | Clavos | kg | | 0.24 | 2.60 | 0.62 | |
| | Madera catahua | p ² | | 15.17 | 2.70 | 40.95 | 41.57 |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| | Peón | hh | 1.00 | 0.80 | 14.76 | 11.81 | |
| 11.81 | | | | | | | |
| Equipos | | | | | | | |
| | Herramientas manuales | %MO | | 3.00 | 11.81 | 0.354 | 0.354 |

Fuente: Rendimiento de obra - Gobierno Regional La Libertad

Partida **1.04 Vigas de madera cedro 2"x7" x 13'**

| | | | | costo unitario directo | | | |
|----------------------|-----------------------|----------------|-----------|---------------------------|--------|---------|---------------|
| Rend.: 10.00 und/día | | | | (S./) por: m ² | | | 194.79 |
| Código | Descripción insumo | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | Sub-Total |
| Materiales | | | | | | | |
| | Clavos | kg | | 0.24 | 2.60 | 0.62 | |
| | Madera cedro | p ² | | 15.17 | 12.00 | 182.00 | 182.62 |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| | Peón | hh | 1.00 | 0.80 | 14.76 | 11.81 | |
| 11.81 | | | | | | | |
| Equipos | | | | | | | |
| | Herramientas manuales | %MO | | 3.00 | 11.81 | 0.354 | 0.354 |

Fuente: Rendimiento de obra - Gobierno Regional La Libertad

Partida **1.05 Vigas de madera copaiba 2"x7" x 13'**

| | | | | costo unitario directo | | | |
|----------------------|-----------------------|----------------|-----------|---------------------------|--------|---------|--------------|
| Rend.: 10.00 und/día | | | | (S./) por: m ² | | | 73.45 |
| Código | Descripción insumo | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | Sub-Total |
| Materiales | | | | | | | |
| | Clavos | kg | | 0.24 | 2.60 | 0.62 | |
| | Madera copaiba | p ² | | 15.17 | 4.00 | 60.67 | 61.29 |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| | Peón | hh | 1.00 | 0.80 | 14.76 | 11.81 | |
| 11.81 | | | | | | | |
| Equipos | | | | | | | |
| | Herramientas manuales | %MO | | 3.00 | 11.81 | 0.354 | 0.354 |

Fuente: Rendimiento de obra - Gobierno Regional La Libertad

Partida **1.06 Vigas de madera huayruro 2"x7" x 13'**

| | | | | costo unitario directo | | | |
|----------------------|-----------------------|----------------|-----------|---------------------------|--------|---------|--------------|
| Rend.: 10.00 und/día | | | | (S./) por: m ² | | | 85.59 |
| Código | Descripción insumo | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | Sub-Total |
| Materiales | | | | | | | |
| | Clavos | kg | | 0.24 | 2.60 | 0.62 | |
| | Madera huayruro | p ² | | 15.17 | 4.80 | 72.80 | 73.42 |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| | Peón | hh | 1.00 | 0.80 | 14.76 | 11.81 | |
| 11.81 | | | | | | | |
| Equipos | | | | | | | |
| | Herramientas manuales | %MO | | 3.00 | 11.81 | 0.354 | 0.354 |

Fuente: Rendimiento de obra - Gobierno Regional La Libertad

Partida **1.07 Vigas de madera ishpingo 2"x7" x 13'**

| | | | | costo unitario directo | | | |
|----------------------|-----------------------|----------------|-----------|---------------------------|--------|---------|--------------|
| Rend.: 10.00 und/día | | | | (S./) por: m ² | | | 96.20 |
| Código | Descripción insumo | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | Sub-Total |
| Materiales | | | | | | | |
| | Clavos | kg | | 0.24 | 2.60 | 0.62 | |
| | Madera ishpingo | p ² | | 15.17 | 5.50 | 83.42 | 84.04 |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| | Peón | hh | 1.00 | 0.80 | 14.76 | 11.81 | |
| 11.81 | | | | | | | |
| Equipos | | | | | | | |
| | Herramientas manuales | %MO | | 3.00 | 11.81 | 0.354 | 0.354 |

Fuente: Rendimiento de obra - Gobierno Regional La Libertad

Partida **1.08 Vigas de madera mohena 2"x7" x 13'**

| | | | | costo unitario directo | | | |
|----------------------|-----------------------|----------------|-----------|---------------------------|--------|---------|--------------|
| Rend.: 10.00 und/día | | | | (S./) por: m ² | | | 91.65 |
| Código | Descripción insumo | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | Sub-Total |
| Materiales | | | | | | | |
| | Clavos | kg | | 0.24 | 2.60 | 0.62 | |
| | Madera mohena | p ² | | 15.17 | 5.20 | 78.87 | 79.49 |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| | Peón | hh | 1.00 | 0.80 | 14.76 | 11.81 | |
| 11.81 | | | | | | | |
| Equipos | | | | | | | |
| | Herramientas manuales | %MO | | 3.00 | 11.81 | 0.354 | 0.354 |

Fuente: Rendimiento de obra - Gobierno Regional La Libertad

Partida **1.09 Vigas de madera pino 2"x7" x 13'**

| | | | | costo unitario directo | | | |
|----------------------|-----------------------|----------------|-----------|---------------------------|--------|---------|--------------|
| Rend.: 10.00 und/día | | | | (S./) por: m ² | | | 58.29 |
| Código | Descripción insumo | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | Sub-Total |
| Materiales | | | | | | | |
| | Clavos | kg | | 0.24 | 2.60 | 0.62 | |
| | Madera pino | p ² | | 15.17 | 3.00 | 45.50 | 46.12 |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| | Peón | hh | 1.00 | 0.80 | 14.76 | 11.81 | |
| 11.81 | | | | | | | |
| Equipos | | | | | | | |
| | Herramientas manuales | %MO | | 3.00 | 11.81 | 0.354 | 0.354 |

Fuente: Rendimiento de obra - Gobierno Regional La Libertad

Partida **1.10 Vigas de madera pumaquiro 2"x7" x 13'**

| | | | | costo unitario directo | | | |
|----------------------|-----------------------|----------------|-----------|---------------------------|--------|---------|---------------|
| Rend.: 10.00 und/día | | | | (S./) por: m ² | | | 115.92 |
| Código | Descripción insumo | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | Sub-Total |
| Materiales | | | | | | | |
| | Clavos | kg | | 0.24 | 2.60 | 0.62 | |
| | Madera pumaquiro | p ² | | 15.17 | 6.80 | 103.13 | 103.76 |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| | Peón | hh | 1.00 | 0.80 | 14.76 | 11.81 | |
| | | | | | | | 11.81 |
| Equipos | | | | | | | |
| | Herramientas manuales | %MO | | 3.00 | 11.81 | 0.354 | 0.354 |

Fuente: Rendimiento de obra - Gobierno Regional La Libertad

Partida **1.11 Vigas de madera tornillo 2"x7" x 13'**

| | | | | costo unitario directo | | | |
|----------------------|-----------------------|----------------|-----------|---------------------------|--------|---------|---------------|
| Rend.: 10.00 und/día | | | | (S./) por: m ² | | | 100.75 |
| Código | Descripción insumo | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | Sub-Total |
| Materiales | | | | | | | |
| | Clavos | kg | | 0.24 | 2.60 | 0.62 | |
| | Madera tornillo | p ² | | 15.17 | 5.80 | 87.97 | 88.59 |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| | Peón | hh | 1.00 | 0.80 | 14.76 | 11.81 | |
| | | | | | | | 11.81 |
| Equipos | | | | | | | |
| | Herramientas manuales | %MO | | 3.00 | 11.81 | 0.354 | 0.354 |

Fuente: Rendimiento de obra - Gobierno Regional La Libertad

Partida **1.12 Vigas de madera utucuro 2"x7" x 13'**

| | | | | costo unitario directo (S./) | | | |
|----------------------|-----------------------|----------------|-----------|------------------------------|--------|---------|--------------|
| Rend.: 10.00 und/día | | | | por: m ² | | | 70.42 |
| Código | Descripción insumo | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | Sub-Total |
| Materiales | | | | | | | |
| | Clavos | kg | | 0.24 | 2.60 | 0.62 | |
| | Madera utucuro | p ² | | 15.17 | 3.80 | 57.63 | 58.26 |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| | Peón | hh | 1.00 | 0.80 | 14.76 | 11.81 | |
| | | | | | | | 11.81 |
| Equipos | | | | | | | |
| | Herramientas manuales | %MO | | 3.00 | 11.81 | 0.354 | 0.354 |

Fuente: Rendimiento de obra - Gobierno Regional La Libertad

Partida **1.01** **Columnas de madera cachimbo 5" x 5" x 10'**

| | | | | costo unitario directo | | | |
|----------------------|-----------------------|----------------|-----------|----------------------------|--------|---------|--------------|
| Rend.: 10.00 und/día | | | | (S./.) por: m ² | | | 96.12 |
| Código | Descripción insumo | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | Sub-Total |
| Materiales | | | | | | | |
| | Clavos | kg | | 0.24 | 2.60 | 0.62 | |
| | Madera cachimbo | p ² | | 20.83 | 4.00 | 83.33 | 83.96 |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| | Peón | hh | 1.00 | 0.80 | 14.76 | 11.81 | |
| | | | | | | | 11.81 |
| Equipos | | | | | | | |
| | Herramientas manuales | %MO | | 3.00 | 11.81 | 0.354 | 0.354 |

Fuente: Rendimiento de obra - Gobierno Regional La Libertad

Partida **1.02** **Columnas de madera capirona 5" x 5" x 10'**

| | | | | costo unitario directo | | | |
|----------------------|-----------------------|----------------|-----------|----------------------------|--------|---------|--------------|
| Rend.: 10.00 und/día | | | | (S./.) por: m ² | | | 96.12 |
| Código | Descripción insumo | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | Sub-Total |
| Materiales | | | | | | | |
| | Clavos | kg | | 0.24 | 2.60 | 0.62 | |
| | Madera capirona | p ² | | 20.83 | 4.00 | 83.33 | 83.96 |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| | Peón | hh | 1.00 | 0.80 | 14.76 | 11.81 | |
| | | | | | | | 11.81 |
| Equipos | | | | | | | |
| | Herramientas manuales | %MO | | 3.00 | 11.81 | 0.354 | 0.354 |

Fuente: Rendimiento de obra - Gobierno Regional La Libertad

Partida **1.03** **Columnas de madera catahua 5" x 5" x 10'**

| | | | | costo unitario directo | | | |
|----------------------|-----------------------|----------------|-----------|----------------------------|--------|---------|--------------|
| Rend.: 10.00 und/día | | | | (S./.) por: m ² | | | 69.04 |
| Código | Descripción insumo | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | Sub-Total |
| Materiales | | | | | | | |
| | Clavos | kg | | 0.24 | 2.60 | 0.62 | |
| | Madera catahua | p ² | | 20.83 | 2.70 | 56.25 | 56.87 |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| | Peón | hh | 1.00 | 0.80 | 14.76 | 11.81 | |
| | | | | | | | 11.81 |
| Equipos | | | | | | | |
| | Herramientas manuales | %MO | | 3.00 | 11.81 | 0.354 | 0.354 |

Fuente: Rendimiento de obra - Gobierno Regional La Libertad

Partida **1.04** **Columnas de madera cedro 5" x 5" x 10'**

| Rend.: | | 10.00 und/día | | costo unitario directo (S./) por: m ² | | | 262.79 |
|---------------------|-----------------------|----------------|-----------|---|--------|---------|---------------|
| Código | Descripción insumo | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | Sub-Total |
| Materiales | | | | | | | |
| | Clavos | kg | | 0.24 | 2.60 | 0.62 | |
| | Madera cedro | p ² | | 20.83 | 12.00 | 250.00 | 250.62 |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| | Peón | hh | 1.00 | 0.80 | 14.76 | 11.81 | |
| 11.81 | | | | | | | |
| Equipos | | | | | | | |
| | Herramientas manuales | %MO | | 3.00 | 11.81 | 0.354 | 0.354 |

Fuente: Rendimiento de obra - Gobierno Regional La Libertad

Partida **1.05** **Columnas de madera copaiba 5" x 5" x 10'**

| Rend.: | | 10.00 und/día | | costo unitario directo (S./) por: m ² | | | 96.12 |
|---------------------|-----------------------|----------------|-----------|---|--------|---------|--------------|
| Código | Descripción insumo | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | Sub-Total |
| Materiales | | | | | | | |
| | Clavos | kg | | 0.24 | 2.60 | 0.62 | |
| | Madera copaiba | p ² | | 20.83 | 4.00 | 83.33 | 83.96 |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| | Peón | hh | 1.00 | 0.80 | 14.76 | 11.81 | |
| 11.81 | | | | | | | |
| Equipos | | | | | | | |
| | Herramientas manuales | %MO | | 3.00 | 11.81 | 0.354 | 0.354 |

Fuente: Rendimiento de obra - Gobierno Regional La Libertad

Partida **1.06** **Columnas de madera huyruro 5" x 5" x 10'**

| Rend.: | | 10.00 und/día | | costo unitario directo (S./) por: m ² | | | 112.79 |
|---------------------|-----------------------|----------------|-----------|---|--------|---------|---------------|
| Código | Descripción insumo | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | Sub-Total |
| Materiales | | | | | | | |
| | Clavos | kg | | 0.24 | 2.60 | 0.62 | |
| | Madera huyruro | p ² | | 20.83 | 4.80 | 100.00 | 100.62 |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| | Peón | hh | 1.00 | 0.80 | 14.76 | 11.81 | |
| 11.81 | | | | | | | |
| Equipos | | | | | | | |
| | Herramientas manuales | %MO | | 3.00 | 11.81 | 0.354 | 0.354 |

Fuente: Rendimiento de obra - Gobierno Regional La Libertad

Partida **1.07** **Columnas de madera ishpingo 5" x 5" x 10'**

| | | | | costo unitario directo | | | |
|----------------------|-----------------------|----------------|-----------|---------------------------|--------|---------------|---------------|
| Rend.: 10.00 und/día | | | | (S./) por: m ² | | 127.37 | |
| Código | Descripción insumo | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | Sub-Total |
| Materiales | | | | | | | |
| | Clavos | kg | | 0.24 | 2.60 | 0.62 | |
| | Madera ishpingo | p ² | | 20.83 | 5.50 | 114.58 | 115.21 |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| | Peón | hh | 1.00 | 0.80 | 14.76 | 11.81 | |
| 11.81 | | | | | | | |
| Equipos | | | | | | | |
| | Herramientas manuales | %MO | | 3.00 | 11.81 | 0.354 | 0.354 |

Fuente: Rendimiento de obra - Gobierno Regional La Libertad

Partida **1.08** **Columnas de madera mohena 5" x 5" x 10'**

| | | | | costo unitario directo | | | |
|----------------------|-----------------------|----------------|-----------|---------------------------|--------|---------------|---------------|
| Rend.: 10.00 und/día | | | | (S./) por: m ² | | 121.12 | |
| Código | Descripción insumo | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | Sub-Total |
| Materiales | | | | | | | |
| | Clavos | kg | | 0.24 | 2.60 | 0.62 | |
| | Madera mohena | p ² | | 20.83 | 5.20 | 108.33 | 108.96 |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| | Peón | hh | 1.00 | 0.80 | 14.76 | 11.81 | |
| 11.81 | | | | | | | |
| Equipos | | | | | | | |
| | Herramientas manuales | %MO | | 3.00 | 11.81 | 0.354 | 0.354 |

Fuente: Rendimiento de obra - Gobierno Regional La Libertad

Partida **1.09** **Columnas de madera pino 5" x 5" x 10'**

| | | | | costo unitario directo | | | |
|----------------------|-----------------------|----------------|-----------|---------------------------|--------|--------------|--------------|
| Rend.: 10.00 und/día | | | | (S./) por: m ² | | 75.29 | |
| Código | Descripción insumo | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | Sub-Total |
| Materiales | | | | | | | |
| | Clavos | kg | | 0.24 | 2.60 | 0.62 | |
| | Madera pino | p ² | | 20.83 | 3.00 | 62.50 | 63.12 |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| | Peón | hh | 1.00 | 0.80 | 14.76 | 11.81 | |
| 11.81 | | | | | | | |
| Equipos | | | | | | | |
| | Herramientas manuales | %MO | | 3.00 | 11.81 | 0.354 | 0.354 |

Fuente: Rendimiento de obra - Gobierno Regional La Libertad

Partida **1.10** **Columnas de madera pumaquiرو 5" x 5" x 10'**

| Rend.: | | 10.00 und/día | | costo unitario directo (S./) por: m ² | | | 154.45 |
|---------------------|-----------------------|----------------|-----------|---|--------|---------|---------------|
| Código | Descripción insumo | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | Sub-Total |
| Materiales | | | | | | | |
| | Clavos | kg | | 0.24 | 2.60 | 0.62 | |
| | Madera pumaquiرو | p ² | | 20.83 | 6.80 | 141.67 | 142.29 |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| | Peón | hh | 1.00 | 0.80 | 14.76 | 11.81 | |
| | | | | | | | 11.81 |
| Equipos | | | | | | | |
| | Herramientas manuales | %MO | | 3.00 | 11.81 | 0.354 | 0.354 |

Fuente: Rendimiento de obra - Gobierno Regional La Libertad

Partida **1.11** **Columnas de madera tornillo 5" x 5" x 10'**

| Rend.: | | 10.00 und/día | | costo unitario directo (S./) por: m ² | | | 133.62 |
|---------------------|-----------------------|----------------|-----------|---|--------|---------|---------------|
| Código | Descripción insumo | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | Sub-Total |
| Materiales | | | | | | | |
| | Clavos | kg | | 0.24 | 2.60 | 0.62 | |
| | Madera tornillo | p ² | | 20.83 | 5.80 | 120.83 | 121.46 |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| | Peón | hh | 1.00 | 0.80 | 14.76 | 11.81 | |
| | | | | | | | 11.81 |
| Equipos | | | | | | | |
| | Herramientas manuales | %MO | | 3.00 | 11.81 | 0.354 | 0.354 |

Fuente: Rendimiento de obra - Gobierno Regional La Libertad

Partida **1.12** **Columnas de madera utucuro 5" x 5" x 10'**

| Rend.: | | 10.00 und/día | | costo unitario directo (S./) por: m ² | | | 91.95 |
|---------------------|-----------------------|----------------|-----------|---|--------|---------|--------------|
| Código | Descripción insumo | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | Sub-Total |
| Materiales | | | | | | | |
| | Clavos | kg | | 0.24 | 2.60 | 0.62 | |
| | Madera utucuro | p ² | | 20.83 | 3.80 | 79.17 | 79.79 |
| Mano de Obra | | | | | | | |
| | Peón | hh | 1.00 | 0.80 | 14.76 | 11.81 | |
| | | | | | | | 11.81 |
| Equipos | | | | | | | |
| | Herramientas manuales | %MO | | 3.00 | 11.81 | 0.354 | 0.354 |

Fuente: Rendimiento de obra - Gobierno Regional La Libertad

Anexo 5: Análisis de costos de elementos estructurales de concreto

Viga de concreto DE 25*30*6M

(S/.) 507.74

Partida: Concreto 210 Kg/cm²

Rend.: 10.00 und/día

Costo unitario directo
(S/.) por: m²

418.73

| Código | Descripción insumo | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | Sub-Total |
|---------------------|---------------------------------------|----------------|-----------|----------|--------|---------|---------------|
| Materiales | | | | | | | 215.43 |
| | Arena gruesa | m ³ | | 0.52 | 20.35 | 10.58 | |
| | Piedra chancada 1/2" | m ³ | | 0.53 | 47.00 | 24.91 | |
| | Cemento portland tipo I | bls | | 9.73 | 18.38 | 178.84 | |
| | Agua | m ³ | | 0.18 | 6.00 | 1.10 | |
| Mano de Obra | | | | | | | 179.65 |
| | Operario | hh | 2.00 | 1.60 | 22.03 | 35.25 | |
| | Oficial | hh | 2.00 | 1.60 | 16.45 | 26.32 | |
| | Peón | hh | 10.00 | 8.00 | 14.76 | 118.08 | |
| Equipos | | | | | | | 23.65 |
| | Mezcladora concreto trompo 8HP 9P3 | hm | 0.5 | 0.40 | 10.40 | 4.16 | |
| | Winche eléctrico 3.6 hp de dos baldes | hm | 1.0 | 0.80 | 15.78 | 12.62 | |
| | Vibradora de concreto 4HP 1.35" | hm | 0.5 | 0.40 | 3.70 | 1.48 | |
| | Herramientas manuales | %MO | | 3.00 | 89.82 | 3.90 | |

Fuente: Rendimiento de obra - Gobierno Regional La Libertad

Partida: Acero Fy=4200 kg/cm²

Rend.: 180.00 kg/día

Costo unitario directo
(S/.) por: m²

5.31

| Código | Descripción insumo | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | Sub-Total |
|---------------------|--|-----|-----------|----------|--------|---------|-------------|
| Materiales | | | | | | | 2.80 |
| | Alambre negro N°16 | kg | | 0.05 | 3.39 | 0.17 | |
| | Acero corrugado Fy=4200 kg/cm ² | kg | | 1.05 | 2.50 | 2.63 | |
| Mano de Obra | | | | | | | 2.44 |
| | Operario | hh | 1.00 | 0.04 | 22.03 | 0.98 | |
| | Oficial | hh | 2.00 | 0.09 | 16.45 | 1.46 | |
| Equipos | | | | | | | 0.07 |
| | Herramientas manuales | %MO | | 3.00 | 2.44 | 0.07 | |

Fuente: Rendimiento de obra - Gobierno Regional La Libertad

Partida: Encofrado

Rend.: 8.00 m²/día

Costo unitario directo
(S/.) por: m²

83.70

| Código | Descripción Insumo | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | Sub-Total |
|---------------------|-------------------------|----------------|-----------|----------|--------|---------|--------------|
| Materiales | | | | | | | 27.12 |
| | Clavos con cabeza de 3" | kg | | 0.24 | 3.39 | 0.81 | |
| | Alambre negro N°8 | kg | | 0.10 | 3.39 | 0.34 | |
| | Madera tornillo | p ² | | 5.41 | 4.80 | 25.97 | |
| Mano de Obra | | | | | | | 54.93 |
| | Operario | hh | 1.00 | 1.00 | 22.03 | 22.03 | |
| | Oficial | hh | 2.00 | 16.45 | 32.90 | 14.62 | |
| Equipos | | | | | | | 1.65 |
| | Herramientas manuales | %MO | | 3.00 | 54.93 | 1.64 | |

Fuente: Rendimiento de obra - Gobierno Regional La Libertad

Columna de concreto DE 25*30*6M

(S/.) 441.88

Partida: Concreto 210 Kg/cm²

| Rend.: | | 8.00 und/día | | Costo unitario directo (S./) por: m ² | | | 453.78 |
|---------------------|------------------------------------|----------------|-----------|--|--------|---------|---------------|
| Código | Descripción insumo | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | Sub-Total |
| Materiales | | | | | | | 215.43 |
| | Arena gruesa | m ³ | | 0.52 | 20.35 | 10.58 | |
| | Piedra chancada 1/2" | m ³ | | 0.53 | 47.00 | 24.91 | |
| | Cemento portland tipo I | bls | | 9.73 | 18.38 | 178.84 | |
| | Agua | m ³ | | 0.18 | 6.00 | 1.10 | |
| Mano de Obra | | | | | | | 215.43 |
| | Operario | hh | 2.00 | 2.00 | 22.03 | 44.06 | |
| | Oficial | hh | 2.00 | 16.45 | 32.90 | 26.32 | |
| | Peón | hh | 10.00 | 14.76 | 147.60 | 118.08 | |
| Equipos | | | | | | | 13.79 |
| | Mezcladora concreto trompo 8hp 9p3 | hm | 0.5 | 0.50 | 10.4 | 5.20 | |
| | Vibradora de concreto 4hp 1.35" | hm | 0.5 | 0.50 | 3.70 | 1.85 | |
| | Herramientas manuales | %MO | | 3.00 | 224.56 | 6.73 | |

Fuente: Rendimiento de obra - Gobierno Regional La Libertad

Partida: Acero Fy=4200 kg/cm²

| Rend.: | | 180.00 kg/día | | Costo unitario directo (S./) por: m ² | | | 5.31 |
|---------------------|--------------------------------|---------------|-----------|--|--------|---------|-------------|
| Código | Descripción insumo | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | Sub-Total |
| Materiales | | | | | | | 2.80 |
| | Alambre negro N°16 | kg | | 0.05 | 3.39 | 0.17 | |
| | Acero corrugado FY=4200 kg/cm2 | kg | | 1.05 | 2.50 | 2.63 | |
| Mano de Obra | | | | | | | 2.44 |
| | Operario | hh | 1.00 | 0.04 | 22.03 | 0.98 | |
| | Oficial | hh | 2.00 | 0.09 | 16.45 | 1.46 | |
| Equipos | | | | | | | 0.07 |
| | Herramientas manuales | %MO | | 3.00 | 2.44 | 0.07 | |


Fuente: Rendimiento de obra - Gobierno Regional La Libertad

Partida: Encofrado

| Rend.: | | 10.00 m ² /día | | Costo unitario directo (S./) por: m ² | | | 56.58 |
|---------------------|-------------------------|---------------------------|-----------|--|--------|---------|--------------|
| Código | Descripción insumo | Und | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | Sub-Total |
| Materiales | | | | | | | 22.42 |
| | Clavos con cabeza de 3" | kg | | 0.31 | 3.39 | 1.05 | |
| | Alambre negro N°8 | kg | | 0.30 | 3.39 | 1.02 | |
| | Madera tornillo | p ² | | 4.24 | 4.80 | 20.35 | |
| Mano de Obra | | | | | | | 54.93 |
| | Operario | hh | 1.00 | 1.00 | 22.03 | 22.03 | |
| | Oficial | hh | 2.00 | 2.00 | 16.45 | 32.90 | |
| Equipos | | | | | | | 1.65 |
| | Herramientas manuales | %MO | | 3.00 | 54.93 | 1.65. | |

Fuente: Rendimiento de obra - Gobierno Regional La Libertad

Anexo 6: Normatividad utilizada para el procedimiento de la investigación

| 320696 |  NORMAS LEGALES | El Peruano viernes 9 de junio de 2006 |
|---|---|--|
| III.2. ESTRUCTURAS | | |
| NORMA E.010 | | |
| MADERA | | |
| CAPITULO 1 | | |
| AGRUPAMIENTO DE MADERAS PARA USO ESTRUCTURAL | | |
| ARTICULO 1: NORMAS A CONSULTAR | | |
| ITINTEC 251.001 | MADERAS. Terminología. | |
| ITINTEC 251.011 | MADERAS. Método de determinación de la densidad. | |
| ITINTEC 251.104 | MADERA ASERRADA. Madera Aserrada para Uso Estructural. Clasificación Visual y Requisitos. | |
| ITINTEC 251.107 | MADERA ASERRADA. Madera Aserrada para Uso Estructural. Método de Ensayo de Flexión para Vigas a Escala Natural. | |
| ARTICULO 2: OBJETIVOS | | |
| Este capítulo establece el agrupamiento de las maderas para uso estructural, en tres clases denominadas A, B y C y fija los requisitos y procedimientos que se deberá seguir para la incorporación de especies a los grupos establecidos. | | |
| ARTICULO 3: CAMPO DE APLICACIÓN | | |
| 1.1. Los valores establecidos en este capítulo son aplicables a madera aserrada que cumple con los requisitos establecidos en la norma ITINTEC 251.104. Maderas coníferas de procedencia extranjera podrán agruparse siempre que cumplan con normas de calidad internacionalmente reconocidas y que resulten en características de resistencia mecánica similares a las de los grupos establecidos en esta Norma. | | |
| 1.2. Los valores establecidos en este capítulo son aplicables a madera aserrada en condiciones normales. Para condiciones especiales los requisitos serán establecidos en las normas correspondientes. | | |
| ARTICULO 4: DEFINICIONES | | |
| Para los fines de este capítulo se define: | | |
| 4.1. Densidad Básica.- Es la relación entre la masa anhidra de una pieza de madera y su volumen verde. Se expresa en g/cm ³ . | | |
| 4.2. Esfuerzo Básico.- Es el esfuerzo mínimo obtenido de ensayos de propiedades mecánicas que sirve de base para la determinación del esfuerzo admisible. Este mínimo corresponde a un límite de exclusión del 5% (cinco por ciento). | | |



NORMA TÉCNICA **NTP 251.010**
PERUANA **2014**

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI
Calle de La Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

**MADERA. Métodos para determinar el contenido de
humedad**

WOOD. Determination of moisture content

2014-12-18
3ª Edición

R.0138-2014/CNB-INDECOPI. Publicada el 2014-12-28
I.C.S.: 79.040
Descriptor: Madera, método de ensayo, humedad

Precio basado en 19 páginas
ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

© INDECOPI 2014

NORMA TÉCNICA **NTP 251.011**
PERUANA **2014**

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI
Calle de La Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

MADERA. Método para determinar la densidad

WOOD. Determination of density

2014-12-18
3ª Edición

R.0138-2014/CNB-INDECOPI. Publicada el 2014-12-28

I.C.S.: 79.040

Descriptor: Madera, método de ensayo, densidad

Precio basado en 09 páginas

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

© INDECOPI 2014

NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP 251.017
2004

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

MADERA. Método para determinar la flexión estática

WOOD. Determination of modulus of elasticity in ~~static~~ bending

2004-06-10
2ª Edición

R.0058-2004/INDECOPI-CRT. Publicada el 2004-07-02
I.C.S.: 79.040
Descriptores: Madera, método de ensayo, flexión estática

Precio basado en 08 páginas
ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

NORMA TÉCNICA **NTP 251.014**
PERUANA **2014**

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI
Calle de La Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

MADERA. Método para determinar la compresión axial o paralela al grano

WOOD. Determination of ultimate stress in compression parallel to grain

2014-12-30
3ª Edición

R.0151-2014/CNB-INDECOPI. Publicada el 2015-01-14 Precio basado en 09 páginas
I.C.S.: 79.040 **ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**
Descriptores: Madera, método de ensayo, compresión axial, grano

© INDECOPI 2014

Anexo 7: Manual equipo para ensayos de flexión estática - MULTISPEED

CONTROLS

34-V1172 – V1174
50 kN Automatic Compression Tester
MULTISPEED



**MANUALE DI ISTRUZIONI
INSTRUCTION MANUAL**

Anexo 8: Certificado de ensayos realizados en la Universidad Nacional de Trujillo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
Departamento de Ingeniería de Materiales

FACULTAD DE INGENIERIA
Laboratorio de concreto y reciclado

INFORME N°080 - OCT 30

CERTIFICADO DE ENSAYOS EN LABORATORIO

Solicitante / DNI: Bocanegra López Carol /45471362
Paredes Altamirano Luisa / 45075535

Institución: Universidad Privada del Norte / Sede Trujillo

Investigación: Influencia de la forma y tipos de maderas sobre la humedad, densidad, compresión y flexión aplicadas a la construcción de viviendas, Trujillo 2018.

I. MUESTRA:

Especímenes: 12 tipos de maderas 3 formas geométricas y tres replicas por cada tipo con un total de 108 de probetas a ensayar:

- ✓ Probetas cuadradas: 5 cm x 5 cm x 20 cm
- ✓ Probetas rectangulares: 4 cm x 5 cm x 20 cm
- ✓ Probetas circulares: Ø 5 cm x 20 cm

Muestreo: elaborado por las tesistas

II. ENSAYOS A APLICAR

- ✓ **NTP 251.014:** compresión paralela a la fibra o compresión axial

III. PARÁMETROS DEL EQUIPO: Se considera un error de +0.5%

| Marca | Modo | Unidades | Velocidad de Carga | Capacidad máxima |
|-------------------|-----------------------|----------|--------------------|------------------|
| Ele International | Mode I: compresión | SI | 0,6 mm/min | 20.00 KN |

Jefe de Laboratorio de concreto y reciclado: Ing. Iván Eugenio Vásquez Alfaro



Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509

Trujillo, 30 de octubre del 2017


Anexo 9: Certificado de ensayos realizados en la Universidad Privada del Norte

CERTIFICADO
DE ENSAYOS EN LABORATORIOS

El que suscribe, Wesley John Leonardo Carrasco, hace constar por medio de la presente que las Srtas. Carol Martina Bocanegra López y Luisa Onelia Paredes Altamirano, identificadas con D.N.I N° 45471362 y N° 45075535 respectivamente, ha realizado ensayos de humedad y densidad de maderas, en las instalaciones del laboratorio de **Estructuras y Concreto** de esta universidad, requeridos para la tesis "**Influencia de la forma y tipos de maderas sobre la humedad, densidad, compresión y flexión aplicadas a la construcción de viviendas, Trujillo, 2018**"; los resultados obtenidos se encuentran registrados en nuestro archivo.

Se expide esta certificación a solicitud del interesado, para los fines que estime conveniente.

Trujillo, 23 de mayo del 2018



Wesley John Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio

Anexo 10: Certificado de ensayos realizados en la Universidad Privada del Norte

INFORME N°094 – OCT 16

Trujillo, 16 de octubre del 2017



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
LABORATORIO DE INGENIERIA DE MINAS

FACULTAD DE INGENIERIA
Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da. Etapa
Trujillo- Perú

CERTIFICADO DE ENSAYOS EN LABORATORIO

Solicitante / DNI: Bocanegra López Carol /45471362
Paredes Altamirano Luisa / 45075535

Institución: Universidad Privada del Norte / Sede Trujillo

Investigación: Influencia de la forma y tipos de maderas sobre la humedad, densidad, compresión y flexión aplicadas a la construcción de viviendas, Trujillo 2018.

I. **MUESTRA:**

Especímenes:

- ✓ 36 Muestras cuadradas: 2.5 cm x 2.5 cm x 41 cm
- ✓ 36 Muestras rectangulares: 2 cm x 3 cm x 41 cm
- ✓ 36 Muestras circulares: Ø 2 cm x 41 cm

Muestreo: realizado por tesistas

II. **ENSAYOS A APLICAR**

1. **NTP 251.017:** Método para determinar la flexión estática.

III. **PARÁMETROS DEL EQUIPO:** Se considera un error de $\pm 0.5\%$

| Marca | Modo | Unidades | Velocidad de carga | Capacidad máxima |
|---------------|-----------------------|----------|--------------------|------------------|
| Controlsgroup | Multispeed Flexión | SI | 2 mm/min | 50.00 KN |

Jefe de Laboratorio de ingeniería de minas:

Ing. Julio Cesar Gurreonero Fernández



Julio Gurreonero Ferrández
Asistente Lab. Minas y Ambiental
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE

Trujillo, 16 de octubre del 2017

Anexo 11: Certificado de calibración de balanza electrónica.



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LM - 203 - 2017**

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

| | |
|---|---|
| <p>1. Expediente 17086</p> <p>2. Solicitante UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p> <p>3. Dirección Av. Del Ejercito Nro. 920 Urb. El Molino - Trujillo - Trujillo - LA LIBERTAD.</p> <p>4. Equipo de medición BALANZA ELECTRÓNICA</p> <p> Capacidad Máxima 4100 g</p> <p> División de escala (d) 0,01 g</p> <p> Div. de verificación (e) 0,1 g</p> <p> Clase de exactitud II</p> <p> Marca OHAUS</p> <p> Modelo PAJ4102</p> <p> Número de Serie 8332050515</p> <p> Capacidad mínima 0,50 g</p> <p> Procedencia U.S.A.</p> <p> Identificación 1-011843 (*)</p> <p> Ubicación LABORATORIO DE CONCRETO PABELLON C. INGENIERIA CIVIL.</p> <p>5. Fecha de Calibración 2017-04-26</p> | <p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.</p> <p>METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p> <p>Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p> |
|---|---|

Fecha de Emisión
2017-04-28

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello



JUAN C. QUISPE MORALES
JUAN C. QUISPE MORALES

Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24, Urb. San Diego - LIMA - PERÚ
Telf.: (511) 540-0642

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com

Anexo 12: Certificado de calibración de vernier.



METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LL - 107 - 2017**

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 1 de 3

| | | |
|--|---|---|
| 1. Expediente | 17086 | Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). |
| 2. Solicitante | UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C. | Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. |
| 3. Dirección | Av. Del Ejercito Nro. 920 Urb. El Molino - Trujillo - Trujillo - LA LIBERTAD. | |
| 4. Instrumento de Medición | VERNIER (PIE DE REY) | |
| Alcance de indicación | 0 mm a 150 mm | |
| División de Escala / Resolución | 0,05 mm | METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aqui declarados. |
| Marca | STANLEY | |
| Modelo | NO INDICA | |
| Número de Serie | 0762 | |
| Procedencia | ALEMANIA | |
| Identificación | 10000585 (*) | Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. |
| Tipo de indicación | ANALÓGICO | |
| 5. Fecha de Calibración | 2017-04-26 | El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez. |

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2017-04-28

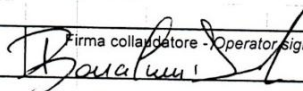
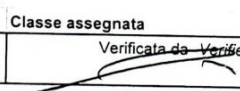
JUAN C. QUISPE MORALES



Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24, Urb. San Diego - LIMA - PERÚ
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com

Anexo 13: Certificado de calibración del equipo MULTISPEED

| CONTROLS | | VERIFICA MACCHINA DI COMPRESIONE COMPRESSION TESTING MACHINE | | | | CERT.Nr. 5036/2016 | |
|--|---|---|---|---|---------------------------------------|--|----------------------------------|
| Cliente <i>Client</i> | | GEOMECANICA LATINA | | Indirizzo <i>Site address</i> | | | |
| Costruttore <i>Customer</i> | CONTROLS | Modello <i>Model</i> | 1550092001 T1182 | Matricola <i>Serial no</i> | 16005810 16000467 | Carico max <i>Max Load</i> | 5kN |
| Carico misurato con- <i>Load measured by</i> | | Scala-Ranges | Risol.-Resol. | Carico min.ver.- <i>Lower limit</i> | | Mat.-Serial no. | |
| Indicat. Manometrico - <i>Manometer indicator</i> | | | | | | | |
| Dispaly dig. - <i>Digital dis.</i> | | 0-5kN | 0,0001 | 0,5kN | | 16000467 | |
| Altri - <i>Others</i> | | | | | | | |
| Verificata con- <i>Verified with</i> | | Scala-Ranges | Certificato n°- <i>Certificate no.</i> | Valid.- <i>Validity</i> | Mat.-Serial no. | | |
| Dinamometri electr. - <i>Force transducer</i> | | 0-10 kN | Bon-10/16 | gen-17 | A.40.01.001 | | |
| Centralina digitale- <i>Digital electronic tester</i> | | | Bon-10/16 | gen-17 | A.40.02.008 | | |
| Manometri- <i>Manometers</i> | | | | | | | |
| Anelli di prova- <i>Proving rings</i> | | | | | | | |
| Verificata secondo <i>Conform to</i> | | L.Q.P1 rev.2 | | Carico ver. da <i>Load verified from</i> | | 0,5 kN a to 5kN | |
| Forza <i>Load</i> | Uscite centralina (divisioni) <i>Output digital electronic tester (division)</i> | | | Temperatura <i>Temperature</i> | | | |
| kN | Ciclo-Cycles 1 | Ciclo-Cycles 2 | Ciclo-Cycles 3 | 20 °C °C | | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | Memo Calcolo forze misurate/ <i>Calculation of measured forces</i> $F_i = C + D \cdot (U_i - U_0) + E \cdot (U_i - U_0)^2 + F \cdot (U_i - U_0)^3$ Accuratezza/ <i>Accuracy</i> $A_i = \frac{F_i - M_i}{M_i} \cdot 100$ M_i Ripetibilità/ <i>Repeatability</i> $R_i = \frac{F_{i\max} - F_{i\min}}{M_i} \cdot 100$ M_i Media/ <i>Media</i> $M_i = \frac{F_1 + F_2 + F_3}{3}$ | | | |
| 0,5 | 10315 | 10314 | 10315 | | | | |
| 0,75 | 15452 | 15465 | 15463 | | | | |
| 1 | 20607 | 20607 | 20610 | | | | |
| 2 | 41211 | 41220 | 41172 | | | | |
| 3 | 61823 | 61841 | 61841 | | | | |
| 4 | 82476 | 82438 | 82452 | | | | |
| 5 | 103138 | 103129 | 102892 | | | | |
| F_n | U_1 | U_2 | U_3 | Max | | | |
| Zero | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| ELABORAZIONE DATI - DATA ELABORATION | | | | | | | |
| Coefficients dell'equazione del dinamometro - <i>Index of strain gauge equation</i> | | | | | | | |
| C = 0,00000E+00 | | D = 4,84209E-05 | | E = 3,38092E-12 | | F = -2,38532E-17 | |
| Forza <i>Load</i> | Forze Misurate <i>Load measured</i> | | | Media <i>Media</i> | Err. Accurat. <i>Accuracy err.</i> | Err. Ripetibilità <i>Repeatab. err.</i> | Risoluzione <i>Resolution</i> |
| kN | Ciclo-Cycles 1 | Ciclo-Cycles 2 | Ciclo-Cycles 3 | kN | % | % | % |
| 0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | | | |
| 0,5 | 0,4998 | 0,4997 | 0,4998 | 0,4998 | 0,04 | 0,01 | 0,02 |
| 0,75 | 0,7489 | 0,7495 | 0,7495 | 0,7493 | 0,09 | 0,08 | 0,01 |
| 1 | 0,9990 | 0,9990 | 0,9992 | 0,9991 | 0,09 | 0,01 | 0,01 |
| 2 | 1,9995 | 2,0000 | 1,9977 | 1,9991 | 0,05 | 0,12 | 0,01 |
| 3 | 3,0008 | 3,0017 | 3,0017 | 3,0014 | -0,05 | 0,03 | 0,00 |
| 4 | 4,0032 | 4,0013 | 4,0020 | 4,0022 | -0,05 | 0,05 | 0,00 |
| 5 | 5,0038 | 5,0034 | 4,9919 | 4,9997 | 0,01 | 0,24 | 0,00 |
| F_n | F_1 | F_2 | F_3 | M | A | R | |
| LIMITI DI CLASSE - FORCE SCALE TOLERANCES | | | | | | | |
| Classe-Class | Err. accurat. <i>Accuracy err.</i> | Err. ripetibilità <i>Repeatab. err.</i> | Ritorno a 0 <i>Zero error</i> | Risoluzione <i>Resolution</i> | | | |
| | % | % | % F.S. | % | | | |
| 1 | 1 | 1 | 0,2 | 0,5 | | | |
| 2 | 2 | 2 | 0,4 | 1 | | | |
| Campo di misura - <i>Range</i> | | Da - From 0,5 kN | | a - to 5kN | | | |
| | | 0,09 | | 0,02 Classe assegnata | | | |
| Campo di misura - <i>Range</i> | | Da - From | | a - to | | | |
| | | 0,24 | | 1 | | | |
| | | | | Classe assegnata | | | |
| Data - <i>Date</i> | Firma collaudatore - <i>Operator signature</i> | | | Verificata da - <i>Verified by</i> | | | |
| 14-lug-16 |  | | |  | | | |

Anexo 14: Resultados de ensayos de flexión estática extraídos del equipo MULTISPEED

Figura N° 42: Ensayo de madera cachimbo rectangular. (2mm x 3mm x 38 mm)

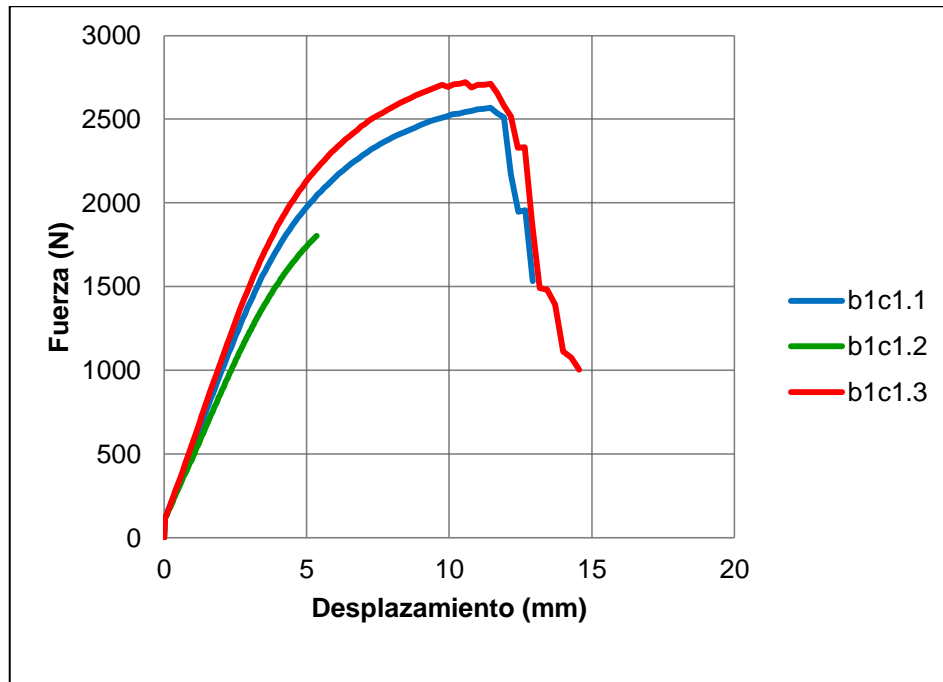


Tabla 67: Ensayo de madera cachimbo rectangular.

| Código | Resultado MOR (kg/cm ²) |
|--------|--|
| b1c1.1 | 924 |
| b1c1.2 | 723 |
| b1c1.3 | 879 |

Figura N° 43: Ensayo de madera cachimbo cuadrado (2mm x 2mm x 38 mm)

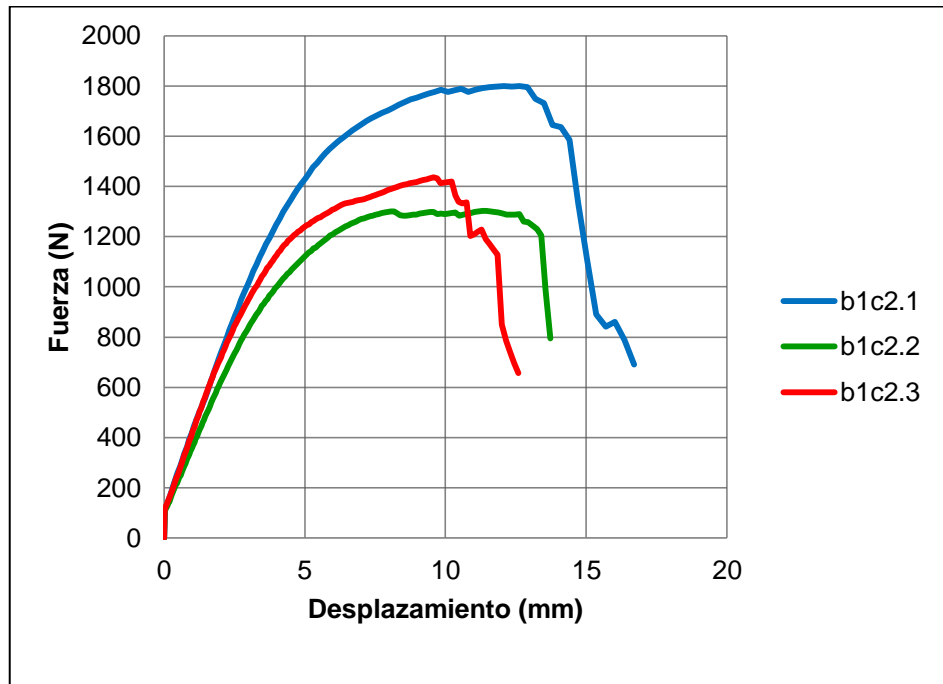


Tabla 68: Ensayo de madera cachimbo cuadrado.

| Código | Resultado MOR (kg/cm ²) |
|--------|--|
| b1c2.1 | 926 |
| b1c2.2 | 752 |
| b1c2.3 | 738 |

Figura N° 44: Ensayo de madera cachimbo circular (2mm x 2mm x 38 mm)

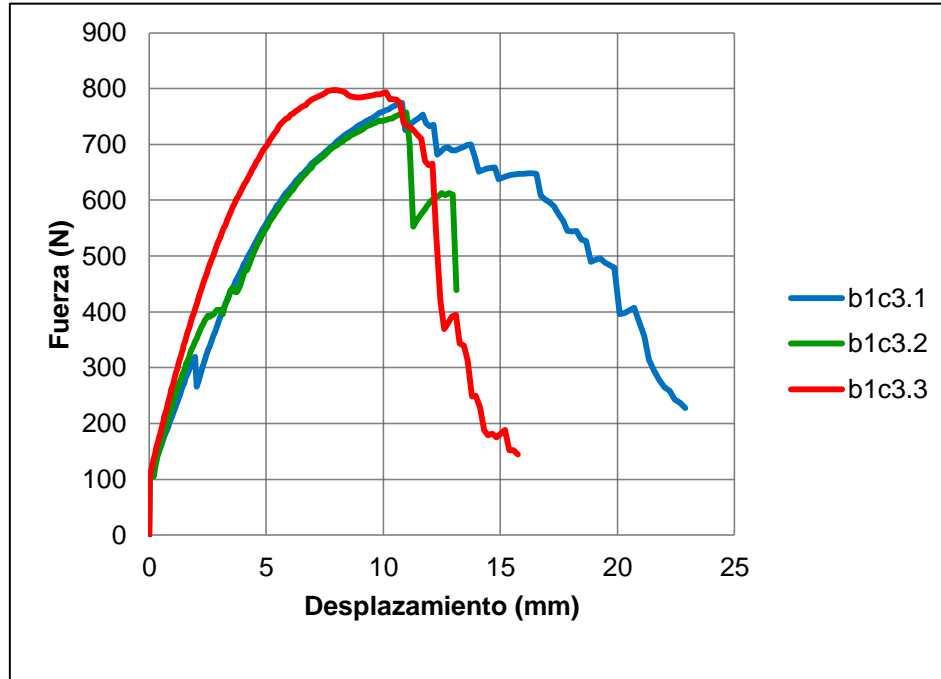


Tabla 69: Ensayo de madera cachimbo circular.

| Código | Resultado MOR (kg/cm ²) |
|--------|--|
| b1c3.1 | 771 |
| b1c3.2 | 731 |
| b1c3.3 | 654 |

Figura N° 45: Ensayo de madera capirona rectangular (2mm x 3mm x 38 mm)

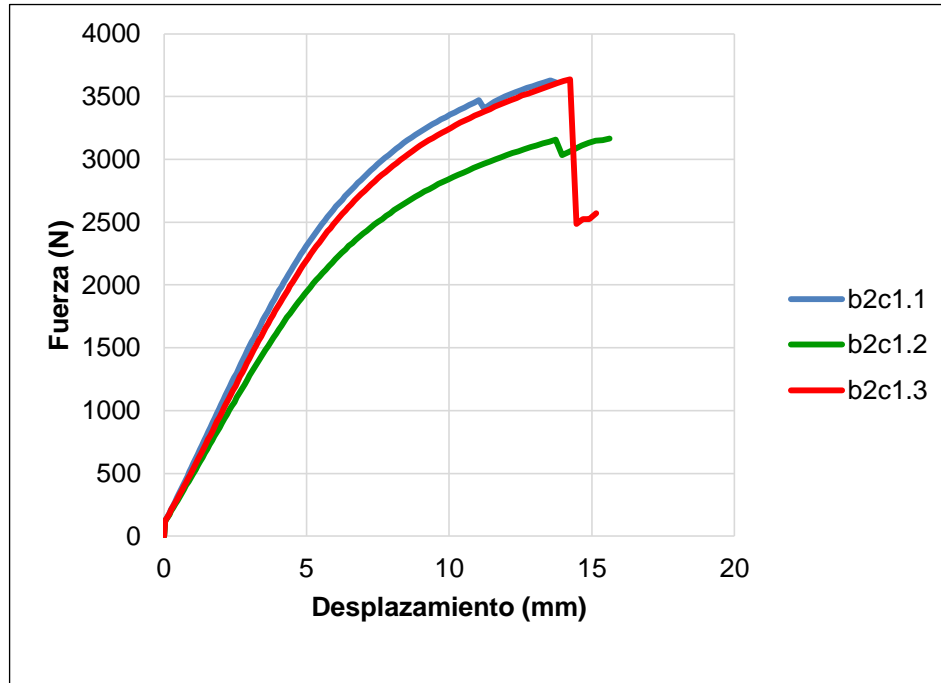


Tabla 70: Ensayo de madera capirona rectangular

| Código | Resultado |
|--------|---------------------------|
| | MOR (kg/cm ²) |
| b2c1.1 | 1183 |
| b2c1.2 | 1099 |
| b2c1.3 | 1242 |

Figura N° 46: Ensayo de madera capirona cuadrado. (2mm x 2mm x 38 mm)

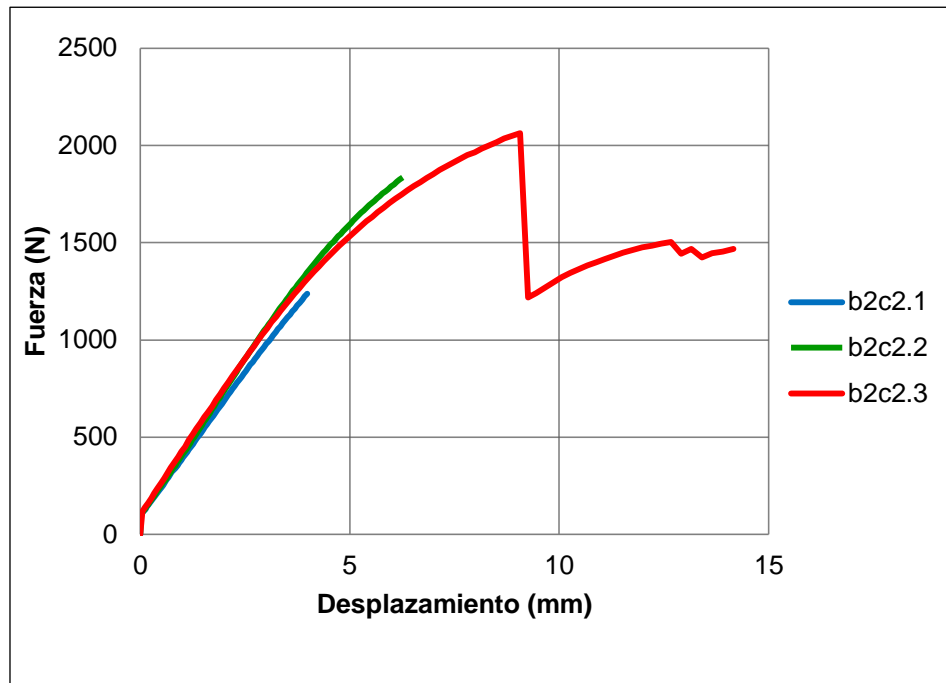


Tabla 71: Ensayo de madera capirona cuadrado.

| Código | Resultado MOR (kg/cm ²) |
|--------|--|
| b2c2.1 | 625 |
| b2c2.2 | 1021 |
| b2c2.3 | 1017 |

Figura N° 47: Ensayo de madera capirona circular (2mm x 2mm x 38 mm)

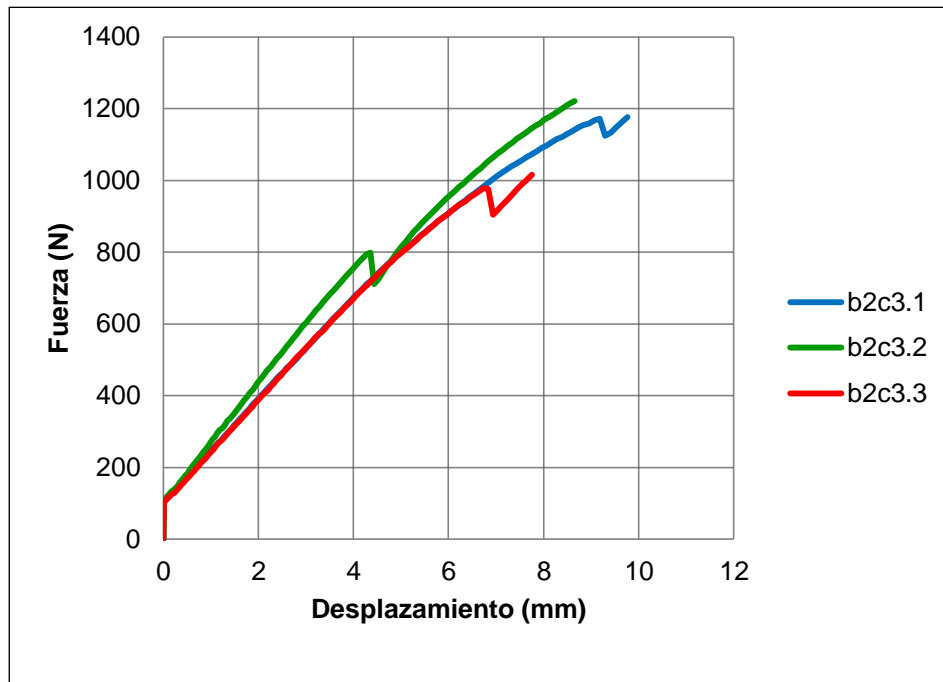


Tabla 72: Ensayo de madera capirona circular.

| Código | Resultado MOR (kg/cm ²) |
|--------|--|
| b2c3.1 | 1377 |
| b2c3.2 | 1181 |
| b2c3.3 | 829 |

Figura N° 48: Ensayo de madera catahua rectangular (2mm x 3mm x 38 mm)

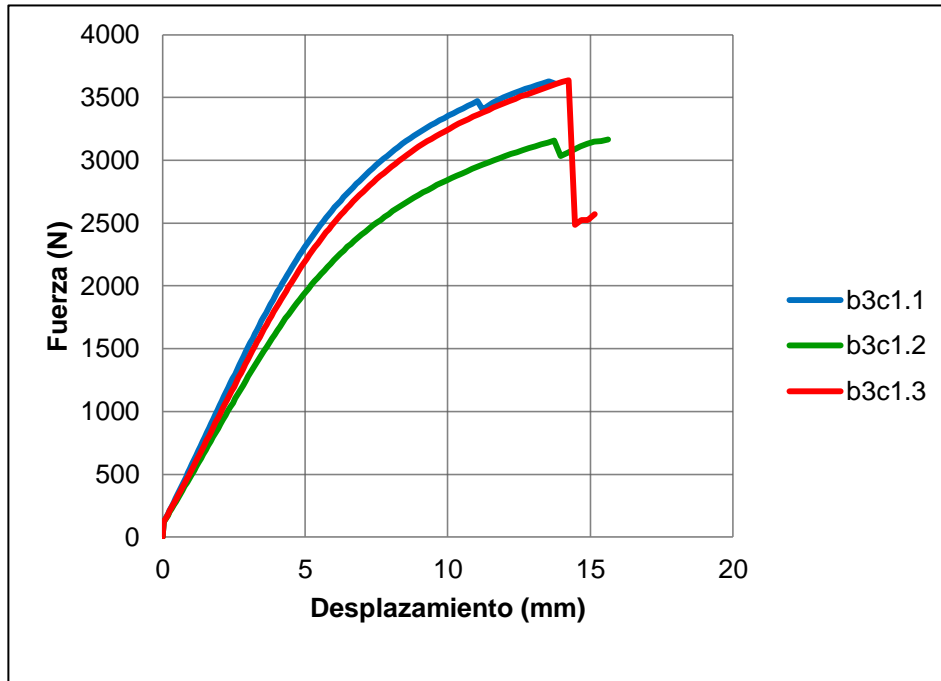


Tabla 73: Ensayo de madera catahua rectangular.

| Código | Resultados |
|--------|---------------------------|
| | MOR (kg/cm ²) |
| b3c1.1 | 1398 |
| b3c1.2 | 1101 |
| b3c1.3 | 1258 |

Figura N° 49: Ensayo de madera catahua cuadrado (2mm x 2mm x 38 mm)

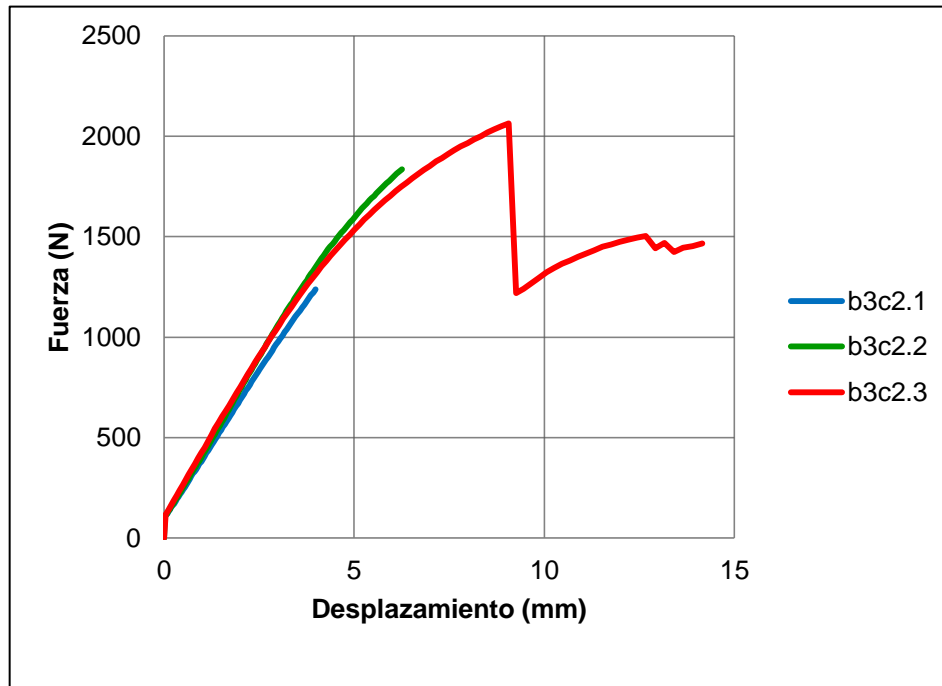


Tabla 74: Ensayo de madera catahua cuadrado.

| Código | Resultado MOR (kg/cm ²) |
|--------|--|
| b3c2.1 | 709 |
| b3c2.2 | 972 |
| b3c2.3 | 1094 |

Figura N° 50: Ensayo de madera catahua circular (2mm x 2mm x 38 mm)



Tabla 75: Ensayo de madera catahua circular.

| Código | Resultado MOR (kg/cm ²) |
|--------|--|
| b3c3.1 | 577 |
| b3c3.2 | 528 |
| b3c3.3 | 409 |

Figura N° 51: Ensayo de madera cedro rectangular (2mm x 3mm x 38 mm)

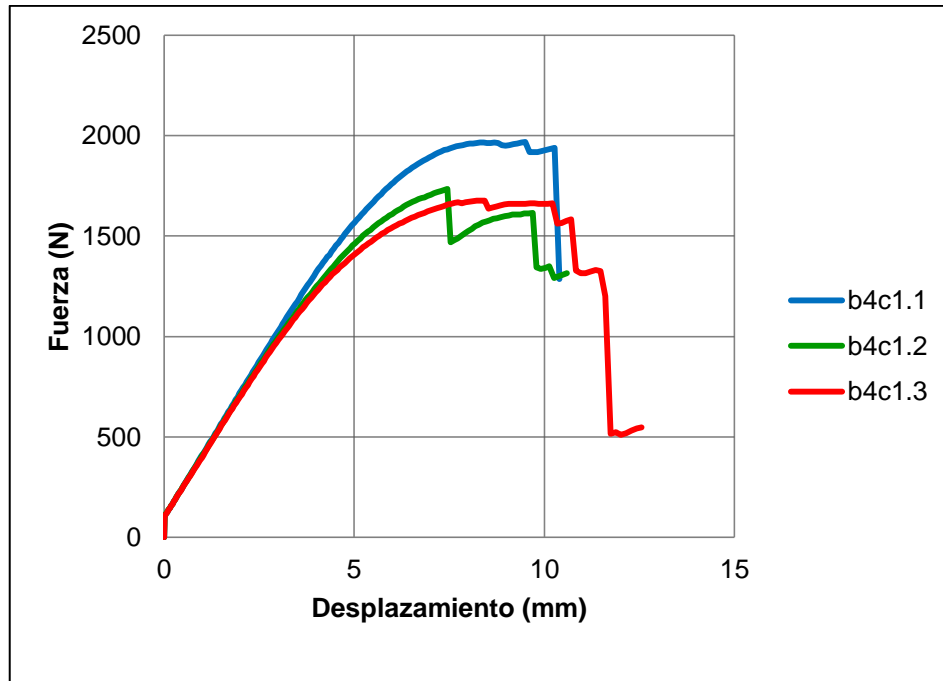


Tabla 76: Ensayo de madera cedro cuadrado.

| Código | Resultado MOR (kg/cm ²) |
|--------|--|
| b4c1.1 | 1025 |
| b4c1.2 | 925 |
| b4c1.3 | 874 |

Figura N° 52: Ensayo de madera cedro cuadrado (2mm x 2mm x 38 mm)

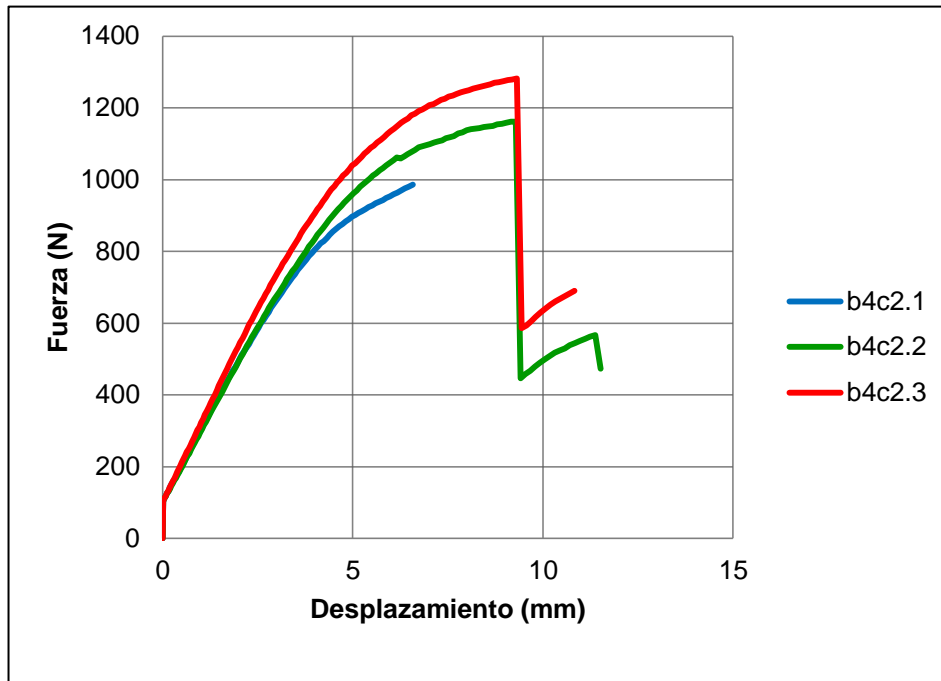


Tabla 77: Ensayo de madera cedro rectangular.

| Código | Resultado |
|--------|---------------------------|
| | MOR (kg/cm ²) |
| b4c2.1 | 514 |
| b4c2.2 | 619 |
| b4c2.3 | 668 |

Figura N° 53: Ensayo de madera cedro circular (2mm x 2mm x 38 mm)

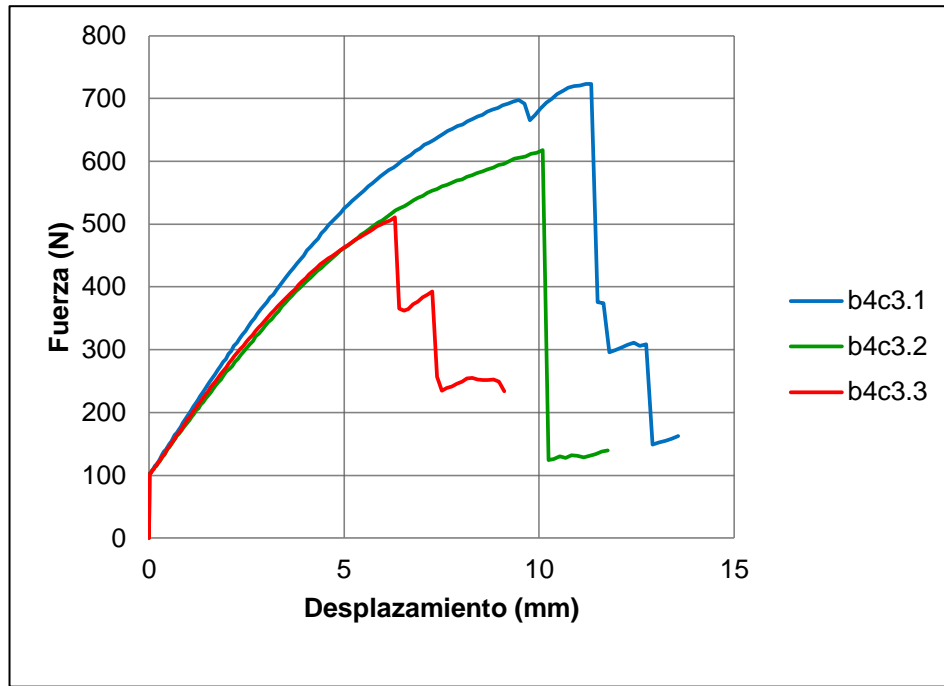


Tabla 78: Ensayo de madera cedro circular.

| código | Resultado MOR (kg/cm²) |
|---------------|--|
| b4c3.1 | 722 |
| b4c3.2 | 651 |
| b4c3.3 | 510 |

Figura N° 54: Ensayo de madera copaiba rectangular. (2mm x 3mm x 38 mm)

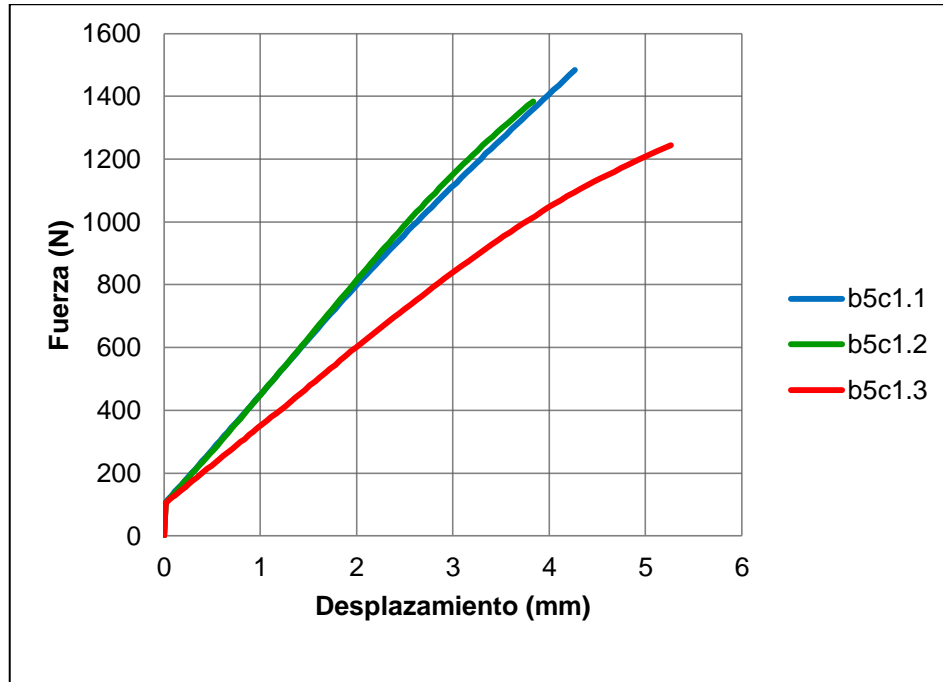


Tabla 79: Ensayo de madera copaiba rectangular

| Código | Resultado |
|--------|---------------------------|
| | MOR (kg/cm ²) |
| b5c1.1 | 529 |
| b5c1.2 | 721 |
| b5c1.3 | 470 |

Figura N° 55: Ensayo de madera copaiba cuadrado (2mm x 2mm x 38 mm)

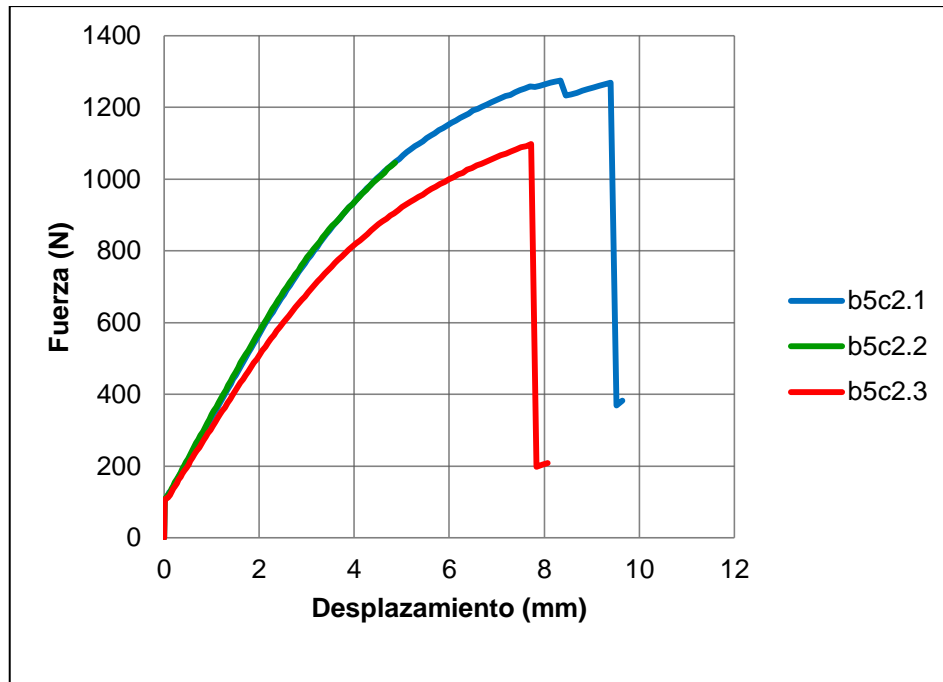


Tabla 80: Ensayo de madera copaiba cuadrado.

| Código | Resultado MOR (kg/cm ²) |
|--------|--|
| b5c2.1 | 608 |
| b5c2.2 | 488 |
| b5c2.3 | 492 |

Figura N° 56: Ensayo de madera copaiba circular (2mm x 2mm x 38 mm)

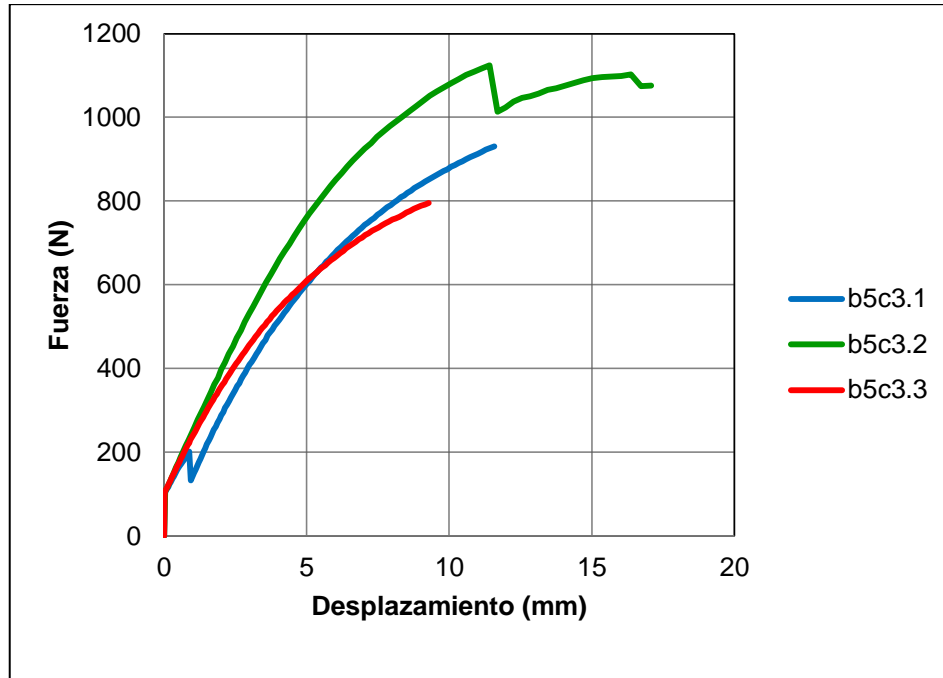


Tabla 81: Ensayo de madera copaiba circular.

| Código | Resultado MOR (kg/cm ²) |
|--------|--|
| b5c3.1 | 831 |
| b5c3.2 | 809 |
| b5c3.3 | 656 |

Figura N° 57: Ensayo de madera huayruo rectangular (2mm x 2mm x 38 mm)

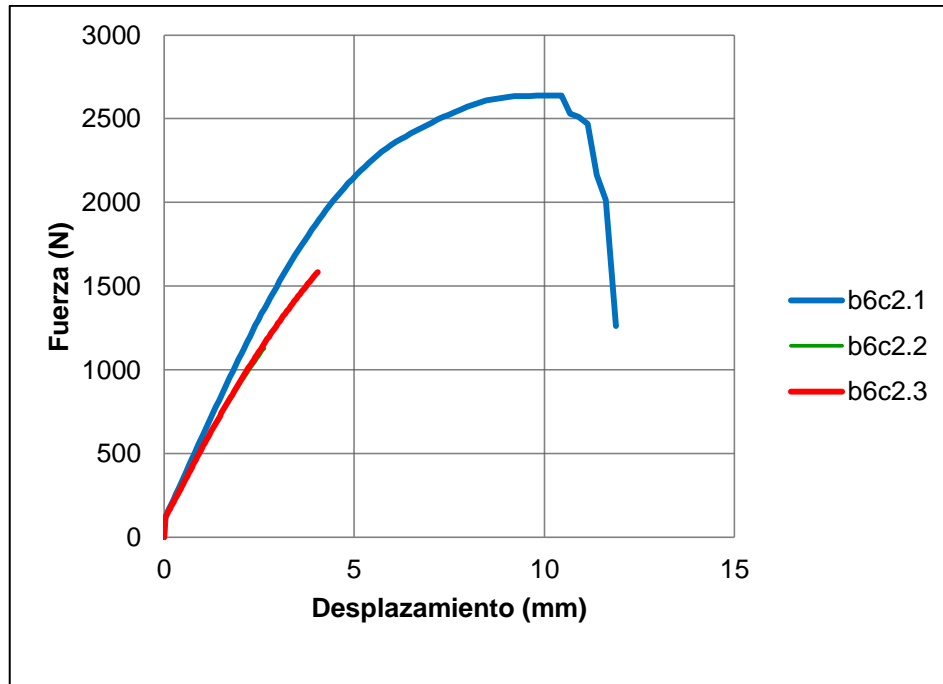


Tabla 82: Ensayo de madera huayruo cuadrado.

| Código | Resultado MOR (kg/cm ²) |
|--------|--|
| b6c2.1 | 1304 |
| b6c2.2 | 588 |
| b6c2.3 | 808 |

Figura N° 58: Ensayo de madera huayruo cuadrado. (2mm x 3mm x 38 mm)

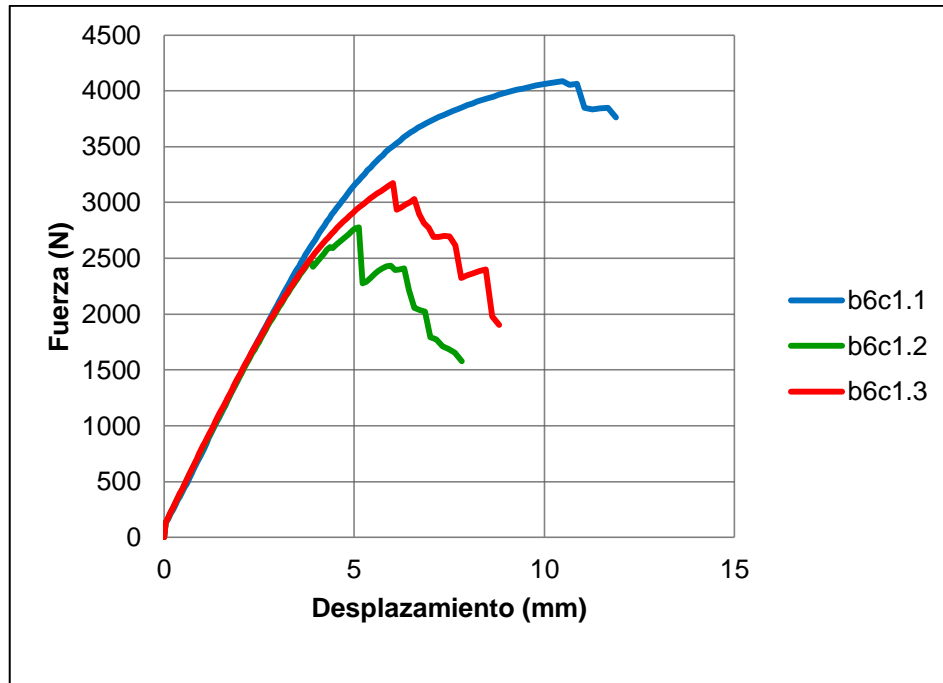


Tabla 83: Ensayo de madera huayruo cuadrado.

| Código | Resultado MOR (kg/cm ²) |
|--------|--|
| b6c1.1 | 1326 |
| b6c1.2 | 927 |
| b6c1.3 | 1043 |

Figura N° 59: Ensayo de madera huayruo circular. (2mm x 2mm x 38 mm)

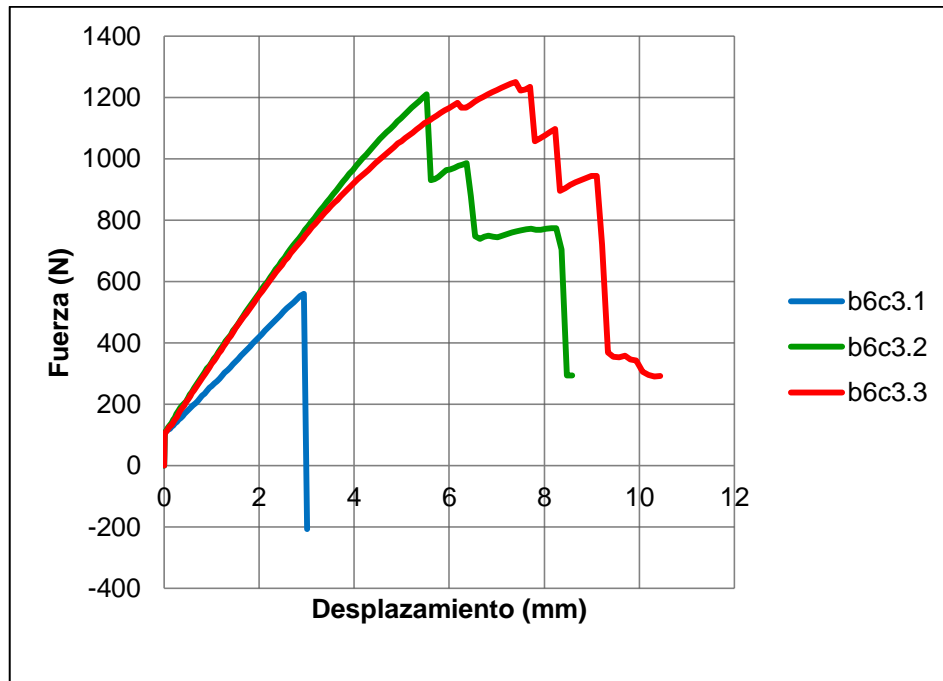


Tabla 84: Ensayo de madera huayruo circular.

| Código | Resultado MOR (kg/cm ²) |
|--------|--|
| b6c3.1 | 500 |
| b6c3.2 | 1053 |
| b6c3.3 | 1056 |

Figura N° 60: Ensayo de madera ishpingo rectangular. (2mm x 3mm x 38 mm)

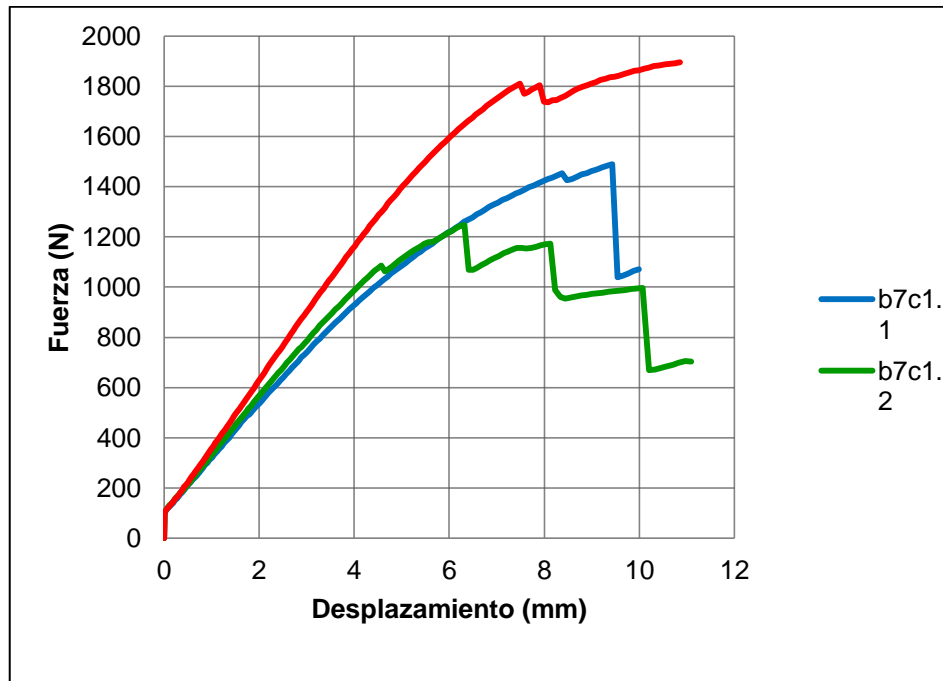


Tabla 85: Ensayo de madera ishpingo rectangular.

| Código | Resultado MOR (kg/cm ²) |
|--------|--|
| b7c1.1 | 532 |
| b7c1.2 | 430 |
| b7c1.3 | 663 |

Figura N° 61: Ensayo de madera ishpingo cuadrado. (2mm x 2mm x 38 mm)

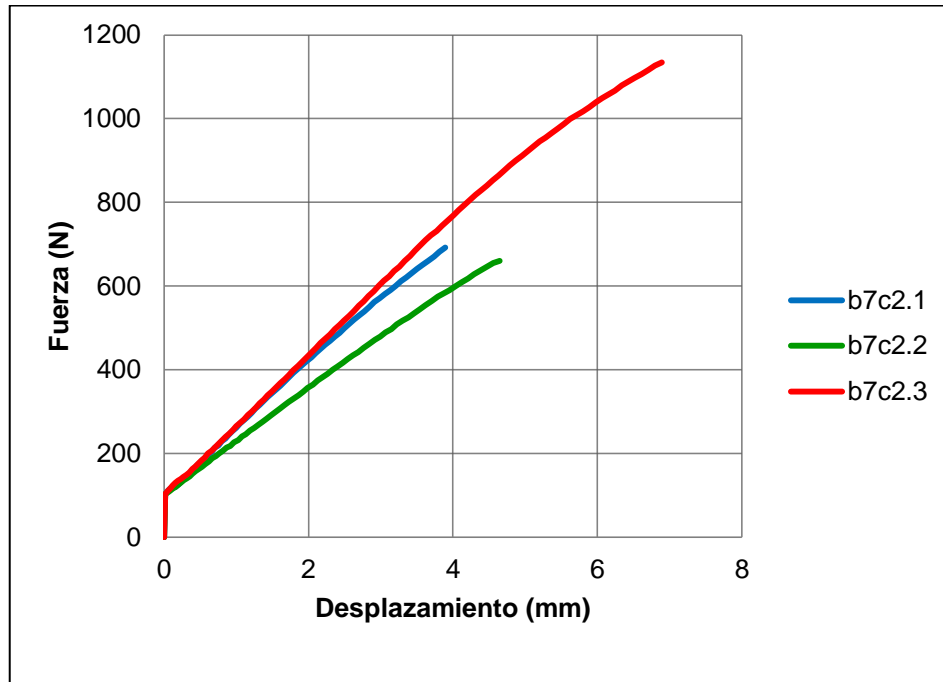


Tabla 86: Ensayo de madera ishpingo cuadrado.

| Código | Resultado MOR (kg/cm ²) |
|--------|--|
| b7c2.1 | 343 |
| b7c2.2 | 341 |
| b7c2.3 | 564 |

Figura N° 62: Ensayo de madera ishpingo circular. (2mm x 2mm x 38 mm)

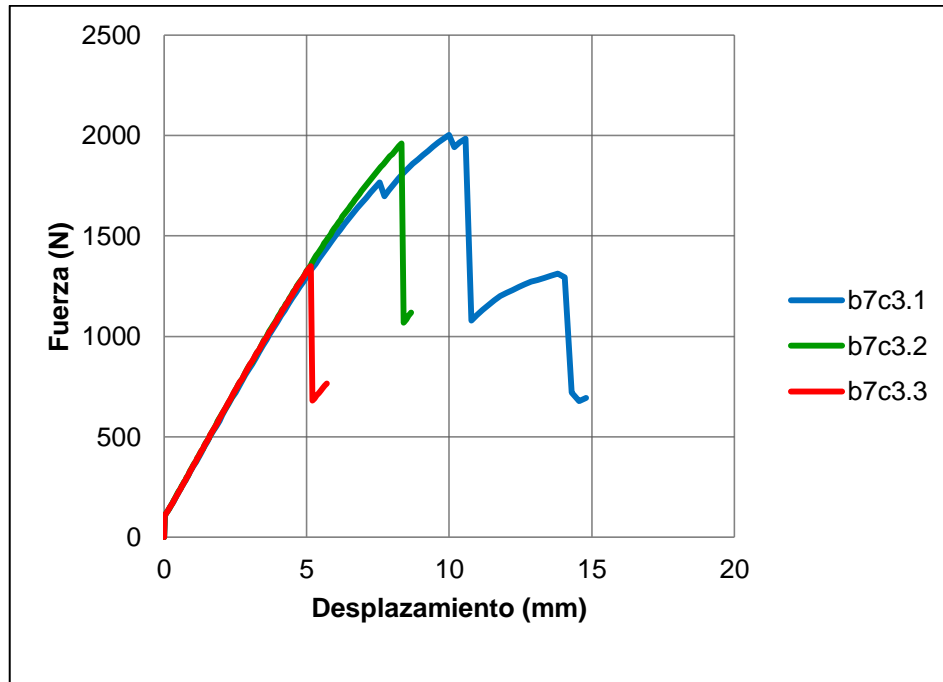


Tabla 87: Ensayo de madera ishpingo circular.

| Código | Resultado MOR (kg/cm ²) |
|--------|--|
| b7c3.1 | 665 |
| b7c3.2 | 645 |
| b7c3.3 | 408 |

Figura N° 63: Ensayo de madera mohena rectangular. (2mm x 3mm x 38 mm)

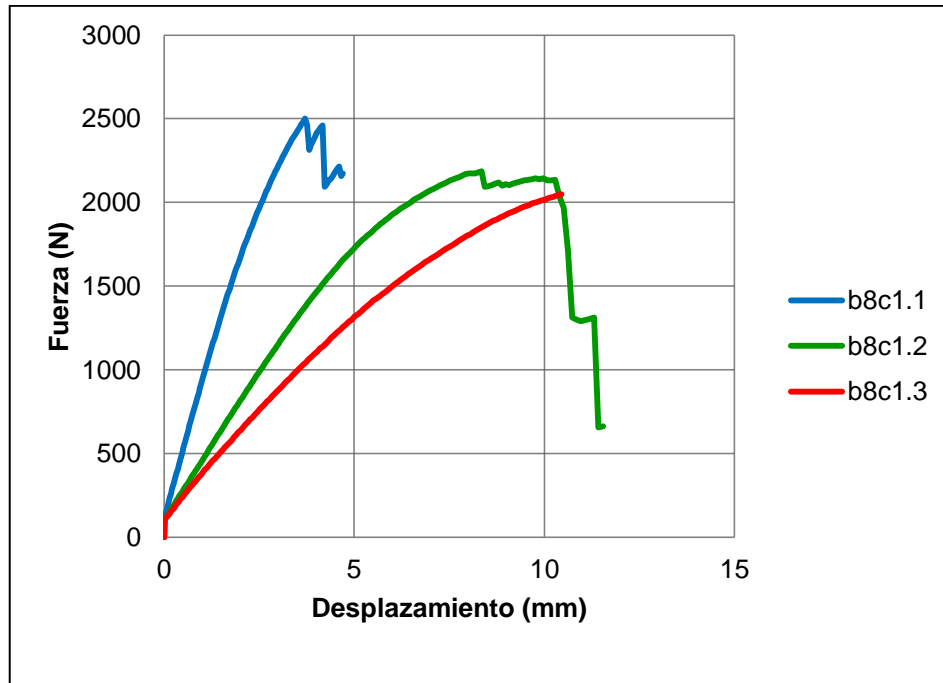


Tabla 88: Ensayo de madera mohena rectangular.

| Código | Resultados |
|--------|---------------------------|
| | MOR (kg/cm ²) |
| b8c1.1 | 782 |
| b8c1.2 | 721 |
| b8c1.3 | 781 |

Figura N° 64: Ensayo de madera mohena cuadrado. (2mm x 2mm x 38 mm)

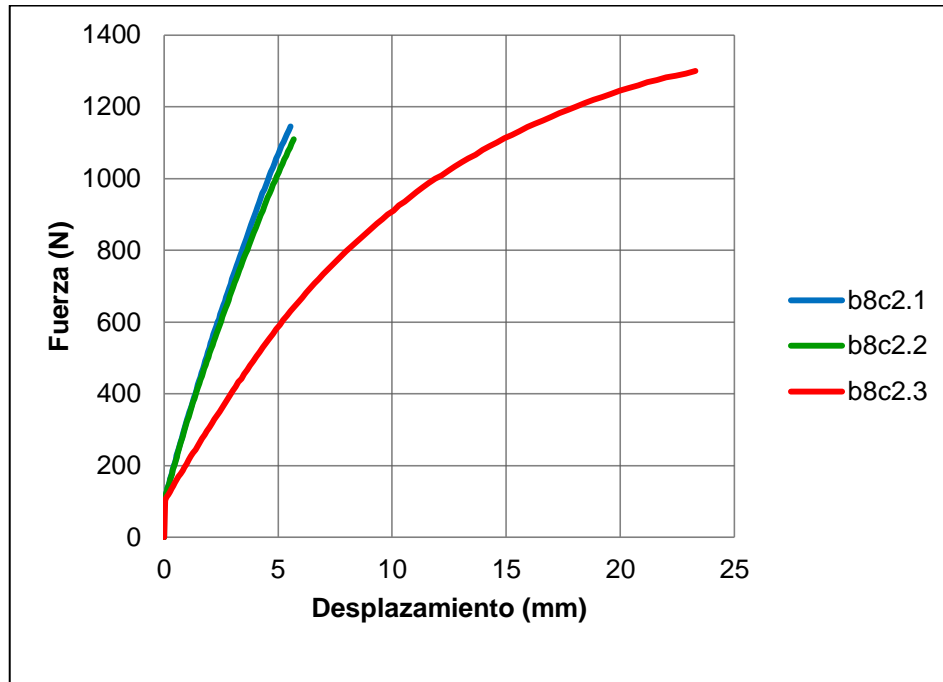


Tabla 89: Ensayo de madera mohena cuadrado.

| Código | Resultados |
|--------|---------------------------|
| | MOR (kg/cm ²) |
| b8c2.1 | 574 |
| b8c2.2 | 554 |
| b8c2.3 | 720 |

Figura N° 65: Ensayo de madera mohena circular. (2mm x 2mm x 38 mm)

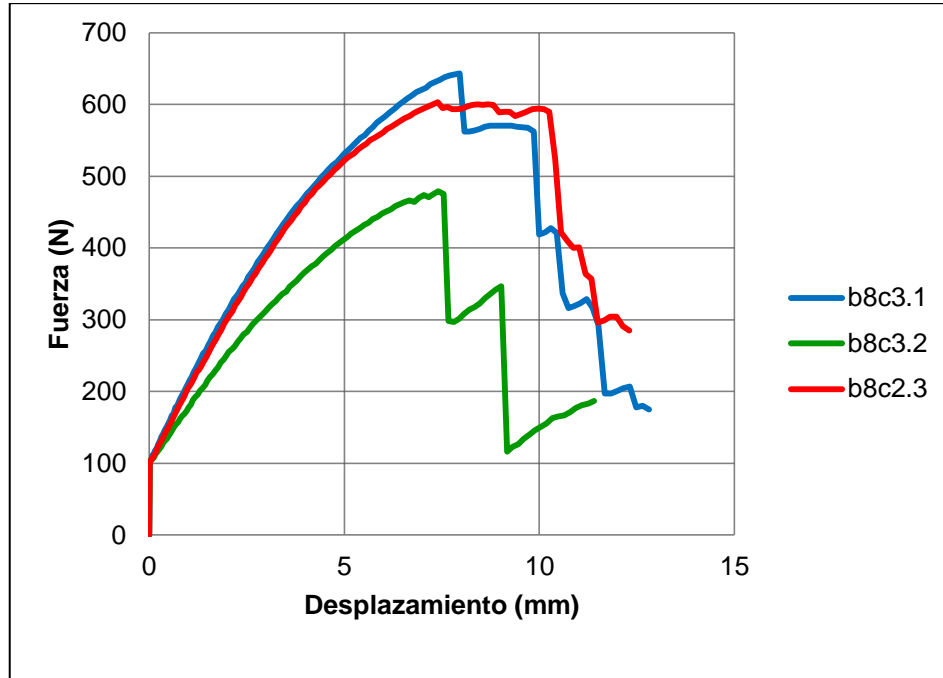


Tabla 90: Ensayo de madera mohena circular.

| Código | Resultados |
|--------|---------------------------|
| | MOR (kg/cm ²) |
| b8c3.1 | 657 |
| b8c3.2 | 475 |
| b8c3.3 | 610 |

Figura N° 66: Ensayo de madera pino rectangular. (2mm x 3mm x 38 mm)

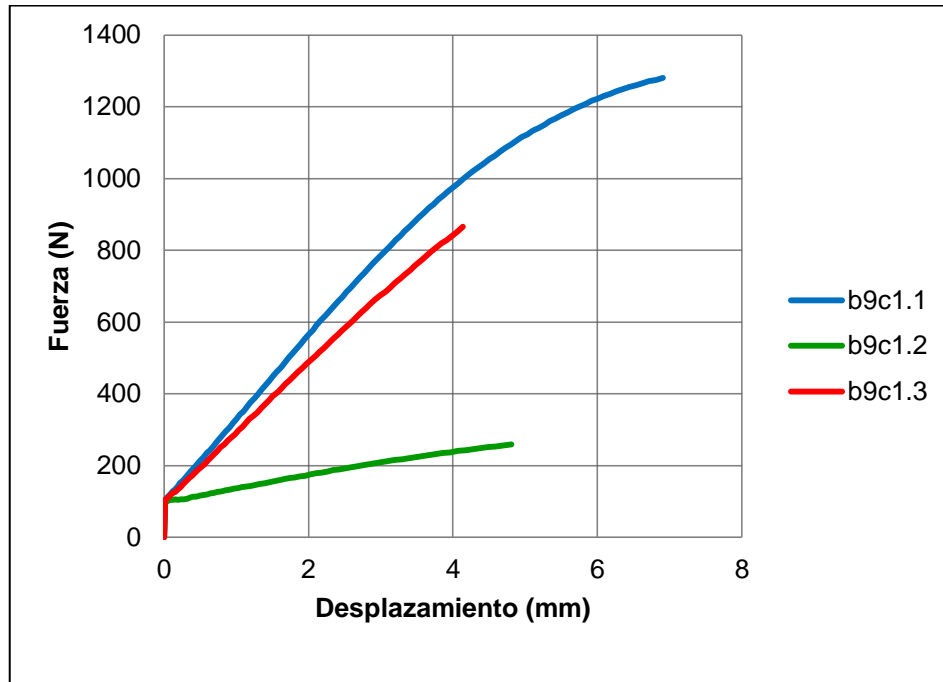


Tabla 91: Ensayo de madera pino rectangular.

| Código | Resultado MOR (kg/cm ²) |
|--------|--|
| b9c1.1 | 496 |
| b9c1.2 | 99 |
| b9c1.3 | 386 |

Figura N° 67: Ensayo de madera pino cuadrado. (2mm x 3mm x 38 mm)

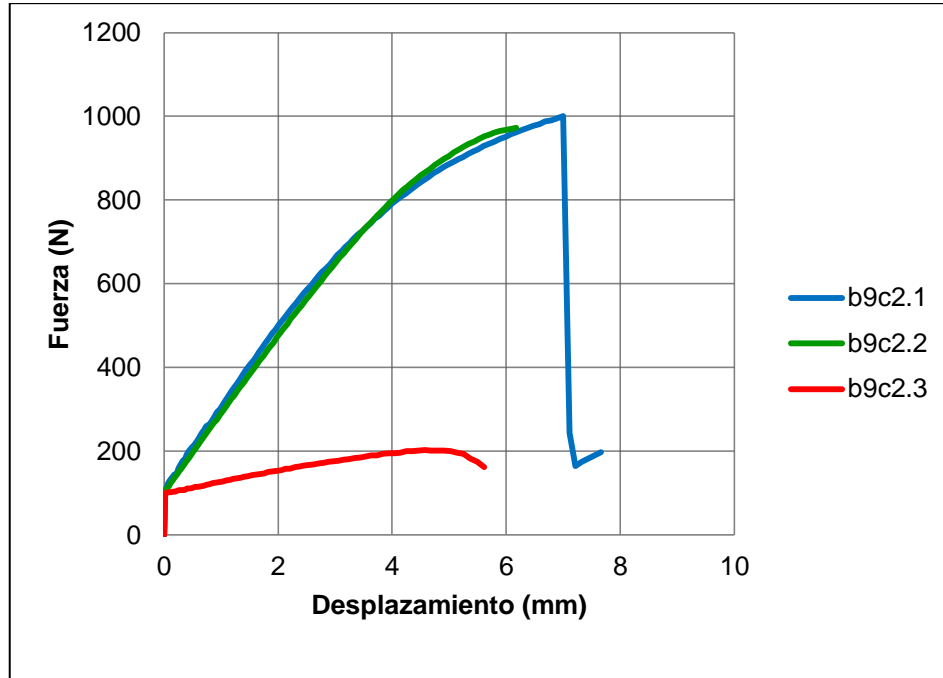


Tabla 92: Ensayo de madera pino cuadrado.

| Código | Resultado MOR (kg/cm ²) |
|--------|--|
| b9c2.1 | 569 |
| b9c2.2 | 531 |
| b9c2.3 | 111 |

Figura N° 68: Ensayo de madera pino circular. (2mm x 2mm x 38 mm)

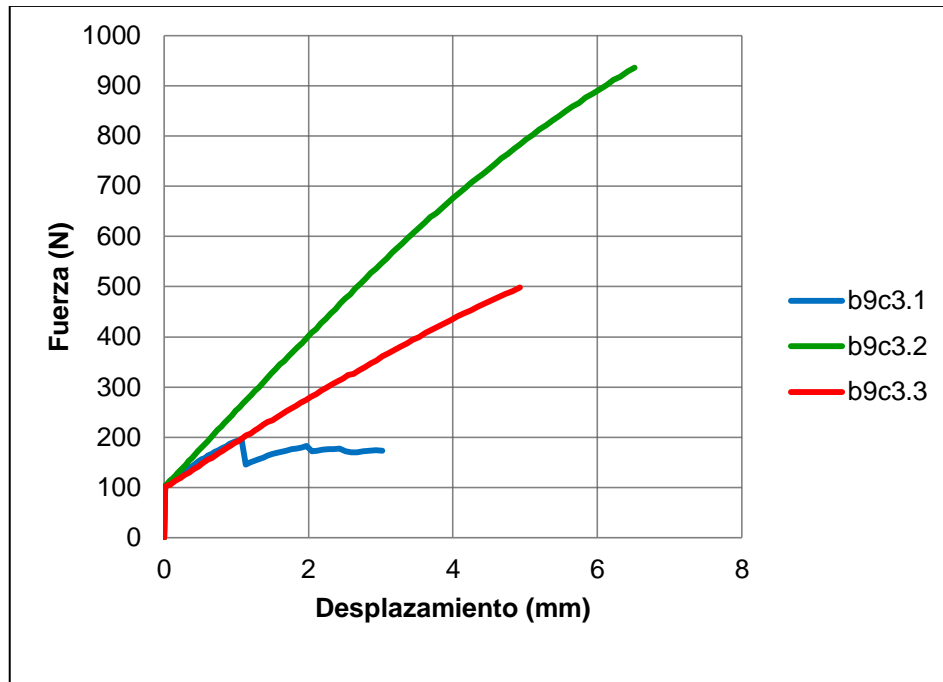


Tabla 93: Ensayo de madera pino circular.

| Código | Resultado MOR (kg/cm ²) |
|--------|--|
| b9c3.1 | 75 |
| b9c3.2 | 415 |
| b9c3.3 | 181 |

Figura N° 69: Ensayo de madera pumaquiro rectangular. (2mm x 3mm x 38 mm)

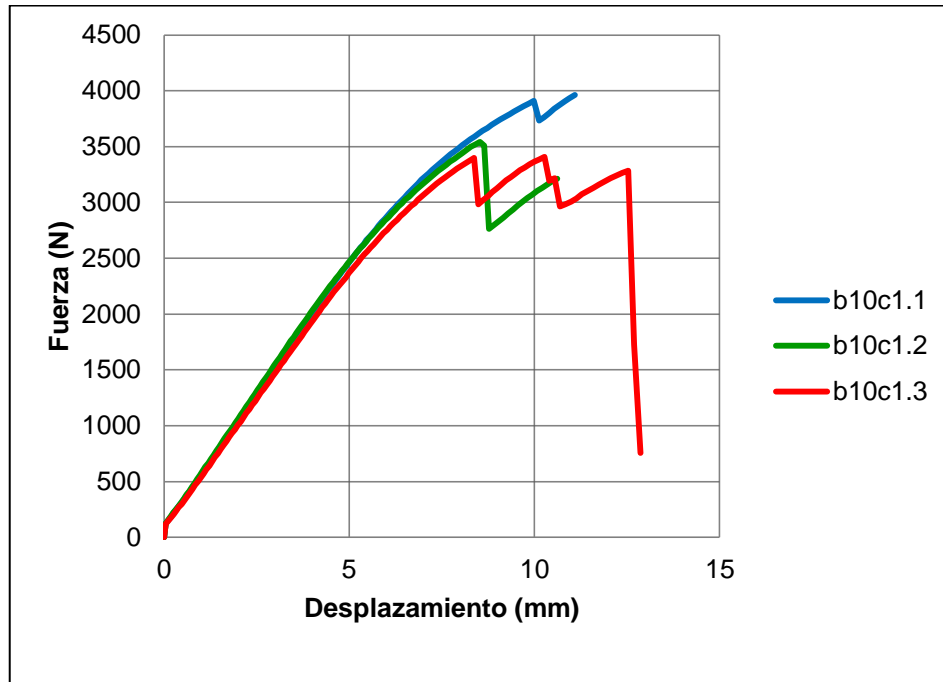


Tabla 94: Ensayo de madera pumaquiro rectangular.

| Código | Resultado MOR (kg/cm ²) |
|---------|--|
| b10c1.1 | 1269 |
| b10c1.2 | 1153 |
| b10c1.3 | 1116 |

Figura N° 70: Ensayo de madera pumaquiro cuadrado. (2mm x 2mm x 38 mm)

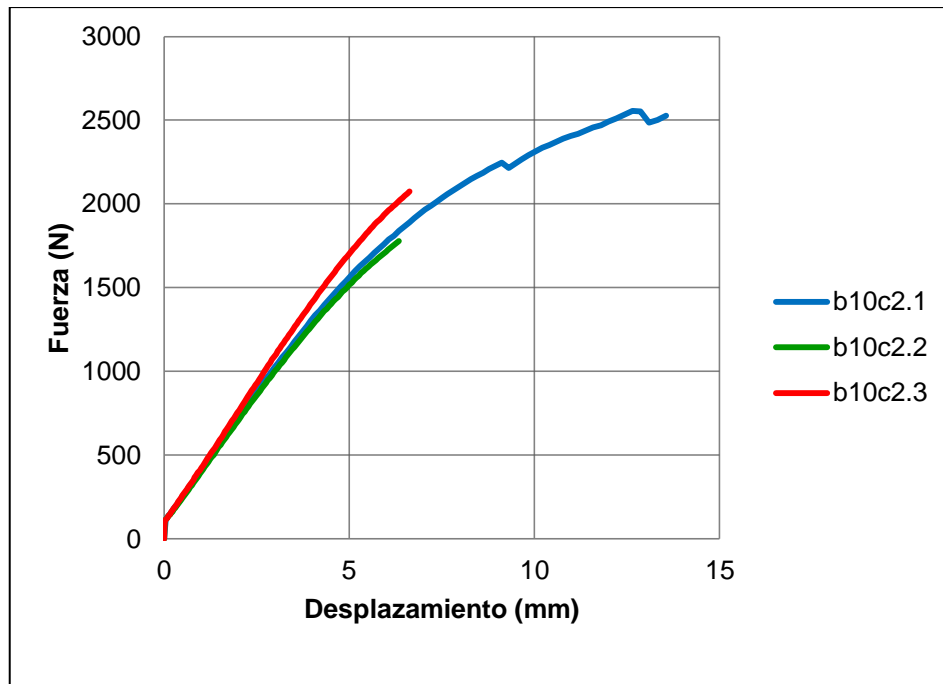


Tabla 95: Ensayo de madera pumaquiro cuadrado.

| Código | Resultado MOR (kg/cm ²) |
|---------|--|
| b10c2.1 | 1300 |
| b10c2.2 | 991 |
| b10c2.3 | 1172 |

Figura N° 71: Ensayo de madera pumaquiro circular. (2mm x 2mm x 38 mm)

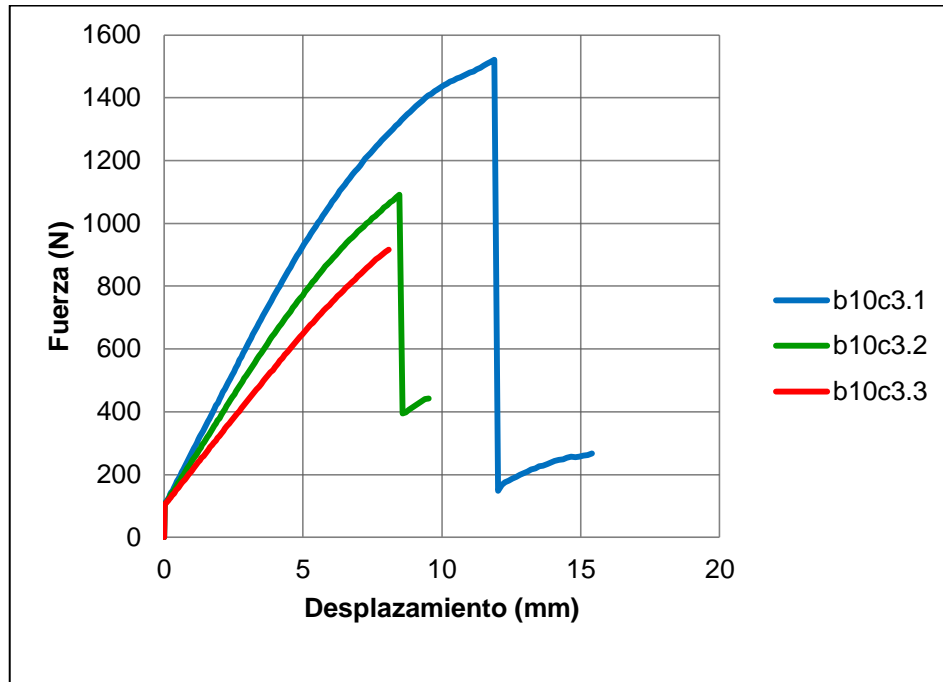


Tabla 96: Ensayo de madera pumaquiro circular.

| Código | Resultado MOR (kg/cm ²) |
|---------|--|
| b10c3.1 | 1467 |
| b10c3.2 | 1064 |
| b10c3.3 | 993 |

Figura N° 72: Ensayo de madera tornillo rectangular. (2mm x 3mm x 38 mm)

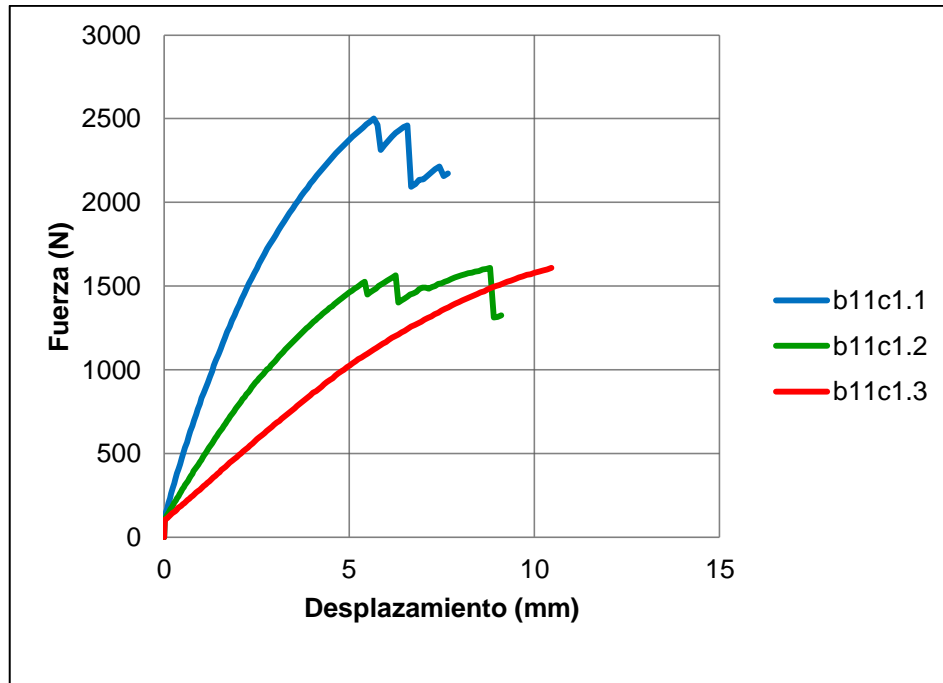


Tabla 97: Ensayo de madera tornillo rectangular.

| Código | Resultados |
|---------|---------------------------|
| | MOR (kg/cm ²) |
| b11c1.1 | 830 |
| b11c1.2 | 534 |
| b11c1.3 | 700 |

Figura N° 73: Ensayo de madera tornillo cuadrado. (2mm x 2mm x 38 mm)

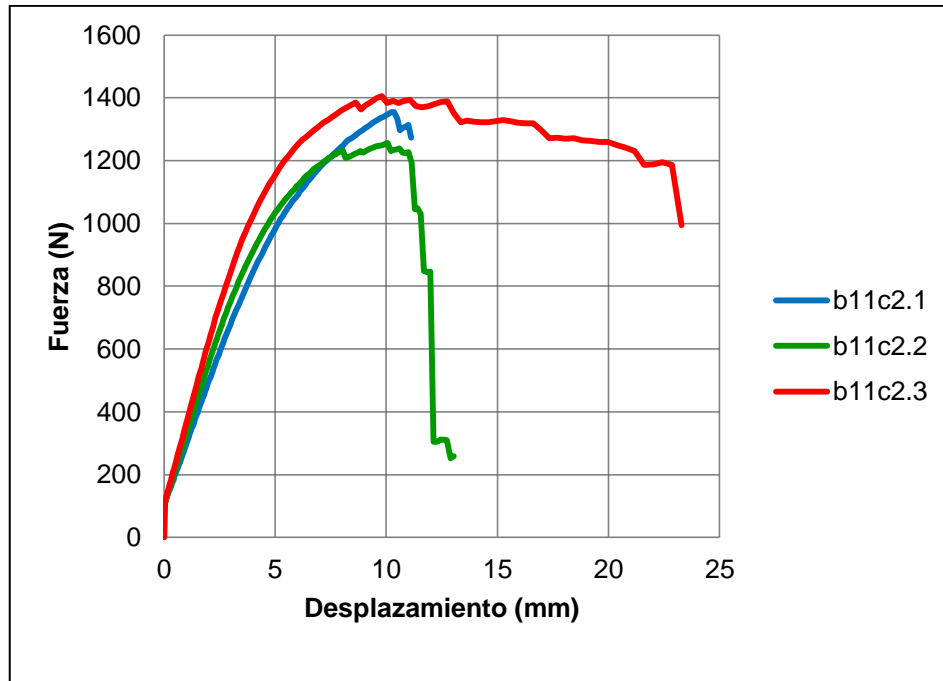


Tabla 98: Ensayo de madera tornillo cuadrado.

| Código | Resultados |
|---------|---------------------------|
| | MOR (kg/cm ²) |
| b11c2.1 | 683 |
| b11c2.2 | 646 |
| b11c2.3 | 711 |

Figura N° 74: Ensayo de madera tornillo circular. (2mm x 2mm x 38 mm)

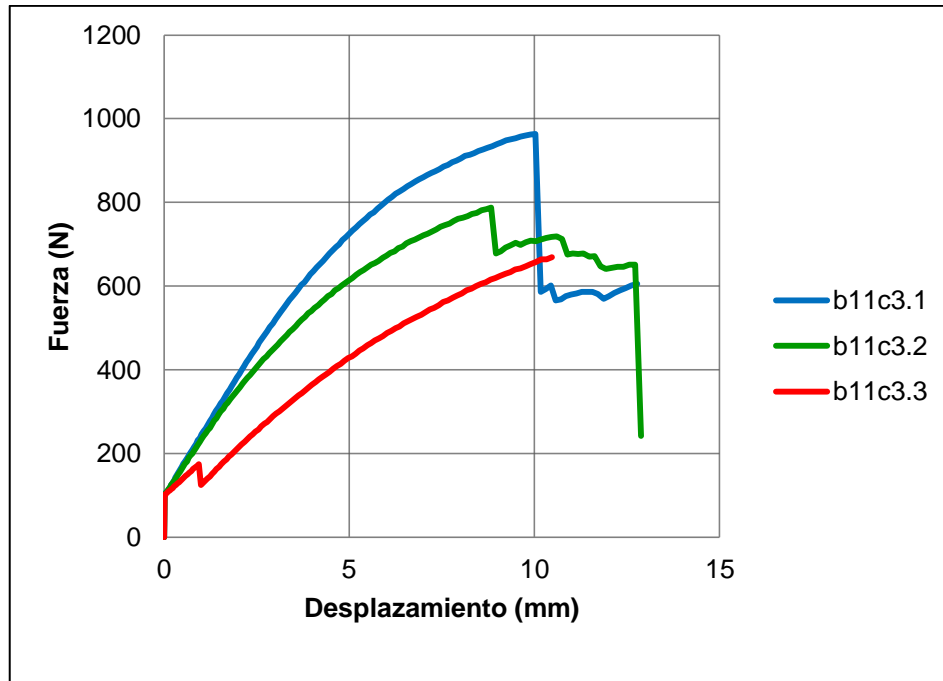


Tabla 99: Ensayo de madera tornillo circular.

| Código | Resultados |
|---------|---------------------------|
| | MOR (kg/cm ²) |
| b11c3.1 | 853 |
| b11c3.2 | 662 |
| b11c3.3 | 691 |

Figura N° 75: Ensayo de madera utucuro rectangular. (2mm x 3mm x 38 mm)

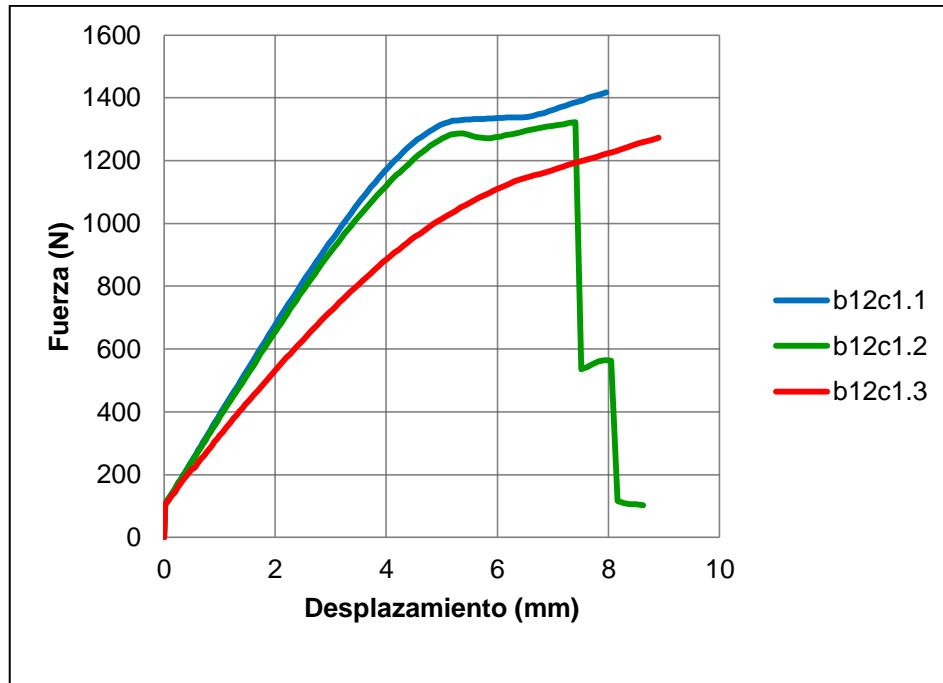


Tabla 100: Ensayo de madera utucuro rectangular.

| Código | Resultado MOR (kg/cm ²) |
|----------|--|
| a31b12.1 | 454 |
| a31b12.2 | 427 |
| a31b12.3 | 416 |

Figura N° 76: Ensayo de madera utucuro cuadrado. (2mm x 2mm x 38 mm)

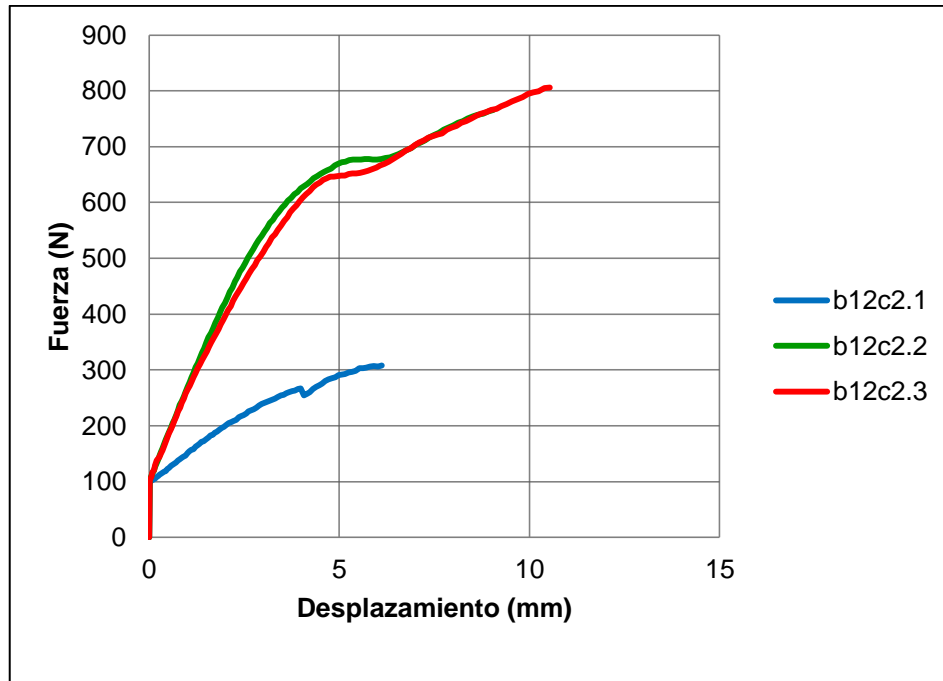


Tabla 101: Ensayo de madera utucuro cuadrado.

| Código | Resultado MOR (kg/cm ²) |
|---------|--|
| b12c2.1 | 469 |
| b12c2.2 | 394 |
| b12c2.3 | 420 |

Figura N° 77: Ensayo de madera utucuro circular. (2mm x 2mm x 38 mm)

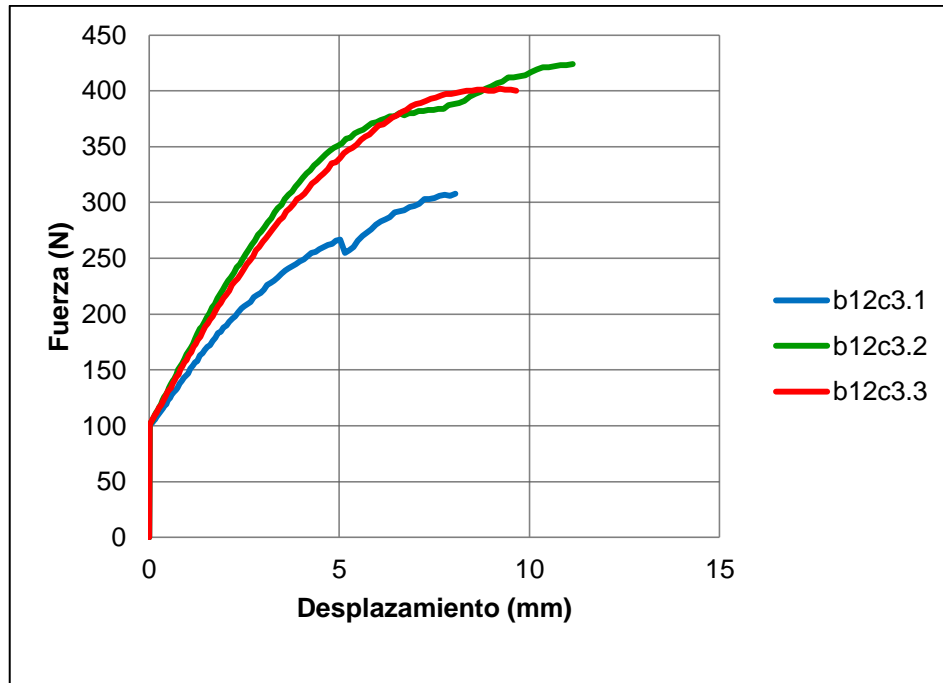


Tabla 102: Ensayo de madera utucuro circular.

| Código | Resultado MOR (kg/cm ²) |
|---------|--|
| b12c3.1 | 311 |
| b12c3.2 | 428 |
| b12c3.3 | 438 |

Anexo 15: Guías de observación

GUÍA DE OBSERVACIÓN: Tipos de madera, Trujillo 2018

Autores:

- Bocanegra Lopez Carol Martina
- Paredes Altamirano, Luisa Onelia

1. DATOS INFORMATIVOS:

- 1.1. Nombre del investigador:
Carol Bocanegra
Luisa Altamirano
- 1.2. Ubicación: Trujillo
- 1.3. Fecha de la Observación:
N°1
- 1.4. Hora de la observación:
8.30 am

2. DATOS ESPECÍFICOS:

2.1. Tipos de madera:

- a) Cachimbo
- b) Capirona
- c) Catahua
- d) Cedro
- e) Copaiba
- f) Huayruro
- g) Ishpingo
- h) Mohena
- i) Pino
- j) Pumaquiro
- k) Tomillo
- l) Utucuro

2.2. Formas:

- a) Cuadradas
- b) Circulares
- c) Rectangulares

2.3. Tipo de fallas:

- a) Aplastamiento
- b) División en cuña
- c) Cizallamiento
- d) División
- e) Compresión y cizallamiento
- f) Deslizamiento de extremos

2.4. Peso:

- a) Ligero
- b) Pesado

2.5. Medidas:

- a) Se contrae
- b) Se expande

2.6. ¿Cuánto afecta los deterioros?:

- a) Mucho
- b) Poco
- c) Nada

2.7. Causas de los deterioros:

- a) Poca resistencia
- b) Mucha resistencia
- d) Otros


Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509

GUÍA DE OBSERVACIÓN: Tipos de madera, Trujillo 2018

Autores:

- Bocanegra Lopez Carol Martina
- Paredes Altamirano, Luisa Onelia

1. DATOS INFORMATIVOS:

- 1.1. Nombre del investigador:
Carol Bocanegra
Luisa Altamirano
- 1.2. Ubicación: Trujillo
- 1.3. Fecha de la Observación:
N°1
- 1.4. Hora de la observación:
8.30 am

2. DATOS ESPECÍFICOS:

2.1. Tipos de madera:

- a) Cachimbo
- b) Capirona
- c) Catahua
- d) Cedro
- e) Copaiba
- f) Huayruro
- g) Ishpingo
- h) Mohena
- i) Pino
- j) Pumaquiro
- k) Tomillo
- l) Utucuro

2.2. Formas:

- a) Cuadradas
- b) Circulares
- c) Rectangulares

2.3. Tipo de fallas:

- a) Aplastamiento
- b) División en cuña
- c) Cizallamiento
- d) División
- e) Compresión y cizallamiento
- f) Deslizamiento de extremos

2.4. Peso:

- a) Ligero
- b) Pesado

2.5. Medidas:

- a) Se contrae
- b) Se expande

2.6. ¿Cuánto afecta los deterioros?:

- a) Mucho
- b) Poco
- c) Nada

2.7. Causas de los deterioros:

- a) Poca resistencia
- b) Mucha resistencia
- d) Otros


Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509

GUÍA DE OBSERVACIÓN: Tipos de madera, Trujillo 2018

Autores:

- Bocanegra Lopez Carol Martina
- Paredes Altamirano, Luisa Onelia

1. DATOS INFORMATIVOS:

- 1.1. Nombre del investigador:
Carol Bocanegra
Luisa Altamirano
- 1.2. Ubicación: Trujillo
- 1.3. Fecha de la Observación:
N°1
- 1.4. Hora de la observación:
8.30 am

2. DATOS ESPECÍFICOS:

2.1. Tipos de madera:

- a) Cachimbo
- b) Capirona
- c) Catahua
- d) Cedro
- e) Copaiba
- f) Huayruro
- g) Ishpingo
- h) Mohena
- i) Pino
- j) Pumaquiro
- k) Tomillo
- l) Utucuro

2.2. Formas:

- a) Cuadradas
- b) Circulares
- c) Rectangulares

2.3. Tipo de fallas:

- a) Aplastamiento
- b) División en cuña
- c) Cizallamiento
- d) División
- e) Compresión y cizallamiento
- f) Deslizamiento de extremos

2.4. Peso:

- a) Ligero
- b) Pesado

2.5. Medidas:

- a) Se contrae
- b) Se expande

2.6. ¿Cuánto afecta los deterioros?:

- a) Mucho
- b) Poco
- c) Nada

2.7. Causas de los deterioros:

- a) Poca resistencia
- b) Mucha resistencia
- d) Otros


Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509

GUÍA DE OBSERVACIÓN: Tipos de madera, Trujillo 2018

Autores:

- Bocanegra Lopez Carol Martina
- Paredes Altamirano, Luisa Onelia

1. DATOS INFORMATIVOS:

- 1.1. Nombre del investigador:
Carol Bocanegra
Luisa Altamirano
- 1.2. Ubicación: Trujillo
- 1.3. Fecha de la Observación:
N°1
- 1.4. Hora de la observación:
8.30 am

2. DATOS ESPECÍFICOS:

2.1. Tipos de madera:

- a) Cachimbo
- b) Capirona
- c) Catahua
- d) Cedro
- e) Copaiba
- f) Huayruro
- g) Ishpingo
- h) Mohena
- i) Pino
- j) Pumaquiuro
- k) Tornillo
- l) Utucuro

2.2. Formas:

- a) Cuadradas
- b) Circulares
- c) Rectangulares

2.3. Tipo de fallas:

- a) Aplastamiento
- b) División en cuña
- c) Cizallamiento
- d) División
- e) Compresión y cizallamiento
- f) Deslizamiento de extremos

2.4. Peso:

- a) Ligero
- b) Pesado

2.5. Medidas:

- a) Se contrae
- b) Se expande

2.6. ¿Cuánto afecta los deterioros?:

- a) Mucho
- b) Poco
- c) Nada

2.7. Causas de los deterioros:

- a) Poca resistencia
- b) Mucha resistencia
- d) Otros

Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509

GUÍA DE OBSERVACIÓN: Tipos de madera, Trujillo 2018

Autores:

- Bocanegra Lopez Carol Martina
- Paredes Altamirano, Luisa Onelia

1. DATOS INFORMATIVOS:

- 1.1. Nombre del investigador:
Carol Bocanegra
Luisa Altamirano
- 1.2. Ubicación: Trujillo
- 1.3. Fecha de la Observación:
N°1
- 1.4. Hora de la observación:
8.30 am

2. DATOS ESPECÍFICOS:

2.1. Tipos de madera:

- a) Cachimbo
- b) Capirona
- c) Catahua
- d) Cedro
- e) Copaiba
- f) Huayruro
- g) Ishpingo
- h) Mohena
- i) Pino
- j) Pumaquiro
- k) Tomillo
- l) Utucuro

2.2. Formas:

- a) Cuadradas
- b) Circulares
- c) Rectangulares

2.3. Tipo de fallas:

- a) Aplastamiento
- b) División en cuña
- c) Cizallamiento
- d) División
- e) Compresión y cizallamiento
- f) Deslizamiento de extremos

2.4. Peso:

- a) Ligero
- b) Pesado

2.5. Medidas:

- a) Se contrae
- b) Se expande

2.6. ¿Cuánto afecta los deterioros?:

- a) Mucho
- b) Poco
- c) Nada

2.7. Causas de los deterioros:

- a) Poca resistencia
- b) Mucha resistencia
- d) Otros


Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509

GUÍA DE OBSERVACIÓN: Tipos de madera, Trujillo 2018

Autores:

- Bocanegra Lopez Carol Martina
- Paredes Altamirano, Luisa Onelia

1. DATOS INFORMATIVOS:

- 1.1. Nombre del investigador:
Carol Bocanegra
Luisa Altamirano
- 1.2. Ubicación: Trujillo
- 1.3. Fecha de la Observación:
N°1
- 1.4. Hora de la observación:
8.30 am

2. DATOS ESPECÍFICOS:

2.1. Tipos de madera:

- a) Cachimbo
- b) Capirona
- c) Catahua
- d) Cedro
- e) Copaiba
- f) Huayruro
- g) Ishpingo
- h) Mohena
- i) Pino
- j) Pumaquiro
- k) Tomillo
- l) Utucuro

2.2. Formas:

- a) Cuadradas
- b) Circulares
- c) Rectangulares

2.3. Tipo de fallas:

- a) Aplastamiento
- b) División en cuña
- c) Cizallamiento
- d) División
- e) Compresión y cizallamiento
- f) Deslizamiento de extremos

2.4. Peso:

- a) Ligero
- b) Pesado

2.5. Medidas:

- a) Se contrae
- b) Se expande

2.6. ¿Cuánto afecta los deterioros?:

- a) Mucho
- b) Poco
- c) Nada

2.7. Causas de los deterioros:

- a) Poca resistencia
- b) Mucha resistencia
- d) Otros


Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509

GUÍA DE OBSERVACIÓN: Tipos de madera, Trujillo 2018

Autores:

- Bocanegra Lopez Carol Martina
- Paredes Altamirano, Luisa Onelia

1. DATOS INFORMATIVOS:

- 1.1. Nombre del investigador:
Carol Bocanegra
Luisa Altamirano
- 1.2. Ubicación: Trujillo
- 1.3. Fecha de la Observación:
N°1
- 1.4. Hora de la observación:
8.30 am

2. DATOS ESPECÍFICOS:

2.1. Tipos de madera:

- a) Cachimbo
- b) Capirona
- c) Catahua
- d) Cedro
- e) Copaiba
- f) Huayruro
- g) Ishpingo
- h) Mohena
- i) Pino
- j) Pumaquiro
- k) Tomillo
- l) Utucuro

2.2. Formas:

- a) Cuadradas
- b) Circulares
- c) Rectangulares

2.3. Tipo de fallas:

- a) Aplastamiento
- b) División en cuña
- c) Cizallamiento
- d) División
- e) Compresión y cizallamiento
- f) Deslizamiento de extremos

2.4. Peso:

- a) Ligero
- b) Pesado

2.5. Medidas:

- a) Se contrae
- b) Se expande

2.6. ¿Cuánto afecta los deterioros?:

- a) Mucho
- b) Poco
- c) Nada

2.7. Causas de los deterioros:

- a) Poca resistencia
- b) Mucha resistencia
- d) Otros


Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509

GUÍA DE OBSERVACIÓN: Tipos de madera, Trujillo 2018

Autores:

- Bocanegra Lopez Carol Martina
- Paredes Altamirano, Luisa Onelia

1. DATOS INFORMATIVOS:

- 1.1. Nombre del investigador:
Carol Bocanegra
Luisa Altamirano
- 1.2. Ubicación: Trujillo
- 1.3. Fecha de la Observación:
N°1
- 1.4. Hora de la observación:
8.30 am

2. DATOS ESPECÍFICOS:

2.1. Tipos de madera:

- a) Cachimbo
- b) Capirona
- c) Catahua
- d) Cedro
- e) Copaiba
- f) Huayruro
- g) Ishpingo
- h) Mohena
- i) Pino
- j) Pumaquiro
- k) Tomillo
- l) Utucuro

2.2. Formas:

- a) Cuadradas
- b) Circulares
- c) Rectangulares

2.3. Tipo de fallas:

- a) Aplastamiento
- b) División en cuña
- c) Cizallamiento
- d) División
- e) Compresión y cizallamiento
- f) Deslizamiento de extremos

2.4. Peso:

- a) Ligero
- b) Pesado

2.5. Medidas:

- a) Se contrae
- b) Se expande

2.6. ¿Cuánto afecta los deterioros?:

- a) Mucho
- b) Poco
- c) Nada

2.7. Causas de los deterioros:

- a) Poca resistencia
- b) Mucha resistencia
- d) Otros


Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509

GUÍA DE OBSERVACIÓN: Tipos de madera, Trujillo 2018

Autores:

- Bocanegra Lopez Carol Martina
- Paredes Altamirano, Luisa Onelia

1. DATOS INFORMATIVOS:

- 1.1. Nombre del investigador:
Carol Bocanegra
Luisa Altamirano
- 1.2. Ubicación: Trujillo
- 1.3. Fecha de la Observación:
N°1
- 1.4. Hora de la observación:
8.30 am

2. DATOS ESPECÍFICOS:

2.1. Tipos de madera:

- a) Cachimbo
- b) Capirona
- c) Catahua
- d) Cedro
- e) Copaiba
- f) Huayruro
- g) Ishpingo
- h) Mohena
- i) Pino
- j) Pumaquiro
- k) Tomillo
- l) Utucuro

2.2. Formas:

- a) Cuadradas
- b) Circulares
- c) Rectangulares

2.3. Tipo de fallas:

- a) Aplastamiento
- b) División en cuña
- c) Cizallamiento
- d) División
- e) Compresión y cizallamiento
- f) Deslizamiento de extremos

2.4. Peso:

- a) Ligero
- b) Pesado

2.5. Medidas:

- a) Se contrae
- b) Se expande

2.6. ¿Cuánto afecta los deterioros?:

- a) Mucho
- b) Poco
- c) Nada

2.7. Causas de los deterioros:

- a) Poca resistencia
- b) Mucha resistencia
- d) Otros


Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509

GUÍA DE OBSERVACIÓN: Tipos de madera, Trujillo 2018

Autores:

- Bocanegra Lopez Carol Martina
- Paredes Altamirano, Luisa Onelia

1. DATOS INFORMATIVOS:

- 1.1. Nombre del investigador:
Carol Bocanegra
Luisa Altamirano
- 1.2. Ubicación: Trujillo
- 1.3. Fecha de la Observación:
N°1
- 1.4. Hora de la observación:
8.30 am

2. DATOS ESPECÍFICOS:

2.1. Tipos de madera:

- a) Cachimbo
- b) Capirona
- c) Catahua
- d) Cedro
- e) Copaiba
- f) Huayruro
- g) Ishpingo
- h) Mohena
- i) Pino
- j) Pumaquiro
- k) Tomillo
- l) Utucuro

2.2. Formas:

- a) Cuadradas
- b) Circulares
- c) Rectangulares

2.3. Tipo de fallas:

- a) Aplastamiento
- b) División en cuña
- c) Cizallamiento
- d) División
- e) Compresión y cizallamiento
- f) Deslizamiento de extremos

2.4. Peso:

- a) Ligero
- b) Pesado

2.5. Medidas:

- a) Se contrae
- b) Se expande

2.6. ¿Cuánto afecta los deterioros?:

- a) Mucho
- b) Poco
- c) Nada

2.7. Causas de los deterioros:

- a) Poca resistencia
- b) Mucha resistencia
- d) Otros


Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509

GUÍA DE OBSERVACIÓN: Tipos de madera, Trujillo 2018

Autores:

- Bocanegra Lopez Carol Martina
- Paredes Altamirano, Luisa Onelia

1. DATOS INFORMATIVOS:

- 1.1. Nombre del investigador:
Carol Bocanegra
Luisa Altamirano
- 1.2. Ubicación: Trujillo
- 1.3. Fecha de la Observación:
N°1
- 1.4. Hora de la observación:
8.30 am

2. DATOS ESPECÍFICOS:

2.1. Tipos de madera:

- a) Cachimbo
- b) Capirona
- c) Catahua
- d) Cedro
- e) Copaiba
- f) Huayruro
- g) Ishpingo
- h) Mohena
- i) Pino
- j) Pumaquiro
- k) Tornillo
- l) Utucuro

2.2. Formas:

- a) Cuadradas
- b) Circulares
- c) Rectangulares

2.3. Tipo de fallas:

- a) Aplastamiento
- b) División en cuña
- c) Cizallamiento
- d) División
- e) Compresión y cizallamiento
- f) Deslizamiento de extremos

2.4. Peso:

- a) Ligero
- b) Pesado

2.5. Medidas:

- a) Se contrae
- b) Se expande

2.6. ¿Cuánto afecta los deterioros?:

- a) Mucho
- b) Poco
- c) Nada

2.7. Causas de los deterioros:

- a) Poca resistencia
- b) Mucha resistencia
- d) Otros


Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509

GUÍA DE OBSERVACIÓN: Tipos de madera, Trujillo 2018

Autores:

- Bocanegra Lopez Carol Martina
- Paredes Altamirano, Luisa Onelia

1. DATOS INFORMATIVOS:

- 1.1. Nombre del investigador:
Carol Bocanegra
Luisa Altamirano
- 1.2. Ubicación: Trujillo
- 1.3. Fecha de la Observación:
N°1
- 1.4. Hora de la observación:
8.30 am

2. DATOS ESPECÍFICOS:

2.1. Tipos de madera:

- a) Cachimbo
- b) Capirona
- c) Catahua
- d) Cedro
- e) Copaiba
- f) Huayruro
- g) Ishpingo
- h) Mohena
- i) Pino
- j) Pumaquiro
- k) Tornillo
- l) Utucuro

2.2. Formas:

- a) Cuadradas
- b) Circulares
- c) Rectangulares

2.3. Tipo de fallas:

- a) Aplastamiento
- b) División en cuña
- c) Cizallamiento
- d) División
- e) Compresión y cizallamiento
- f) Deslizamiento de extremos

2.4. Peso:

- a) Ligero
- b) Pesado

2.5. Medidas:

- a) Se contrae
- b) Se expande

2.6. ¿Cuánto afecta los deterioros?:

- a) Mucho
- b) Poco
- c) Nada

2.7. Causas de los deterioros:

- a) Poca resistencia
- b) Mucha resistencia
- d) Otros


Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509