

- Preparar la máquina para ensayos a tracción, colocar los aditamentos correspondientes para sujetar la probeta de madera de Eucalipto Globulus.
- Colocar la probeta de madera de Eucalipto Globulus en la Máquina Universal para realizar el ensayo de tracción.

Figura N° 57: EQUIPO DE ENSAYO UNIVERSAL – ENSAYO DE TRACCIÓN



Fuente propia

- Colocar el Dial de Deformaciones para Tracción en la probeta de madera de Eucalipto Globulus, de manera que permita observar las lecturas obtenidas al aplicar las cargas de manera controlada hasta que la probeta falle.
- Registrar el valor de la carga máxima a la cual falló la probeta de madera de Eucalipto Globulus

Figura N° 58: ROTURA DE LA PROBETA AL ALCANZAR LA CARGA MÁXIMA

*Fuente propia*

- Registrar los valores de las deformaciones y las cargas en tablas.

Figura N° 59: MEDICIÓN DE LA ELONGACIÓN DE LA PROBETA

*Fuente propia*

- Obtener con los valores los resultados requeridos y gráfico correspondiente
- Una vez ensayada las probetas de madera de Eucalipto Globulus se someterán a tiempos de secado en el horno para determinar el contenido de humedad de cada probeta.



- Repetir el proceso para las probetas con los códigos S, S-A, S-B, S-C, S-D, M, MS-A, MS-B, MS-C y MS-D.

3.4.1.5. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA DUREZA BRINELL

3.4.1.5.1. OBJETIVOS:

- Determinar experimentalmente la dureza Brinell de la madera de eucalipto glóbulos bajo diferentes condiciones de contenido de humedad.
- Clasificar las probetas según su contenido humedad y Dureza de Brinell.
- Conocer el procedimiento adecuado del método, para determinar la Dureza de Brinell de las probetas en estudio.
- Determinar la dureza de la probeta de madera de Eucalipto Globulus, mediante la aplicación de carga, a velocidad constante, hasta alcanzar la indentación (dureza por Penetración).
- Clasificar las probetas de madera de Eucalipto Globulus según su humedad y su Dureza.

3.4.1.5.2. EQUIPOS, MATERIALES E INSTRUMENTOS DE MEDIDA:

- Equipo de Dureza Brinell
- Microscopio portátil
- Linterna
- Identador (bola)
- Probetas de madera Eucalipto Globulus
- Medidor electrónico de humedad (Higrómetro)
- Horno

- Vernier o pie de Rey
- Una balanza digital
- Lentes de seguridad
- Guantes
- Bolsas herméticas
- Papel carbón

3.4.1.5.3. PROCEDIMIENTO:

- Se prepararon 55 probetas libres de defectos, de dimensiones de 3 cm x 3 cm x 10 cm elaboradas de tal manera que las caras sean paralelas al grano.

Figura N° 60: PROBETAS NORMALIZADAS DE MADERA DE EUCALIPTO GLOBULUS PARA EL ENSAYO DE DUREZA BRINELL



Fuente propia

- Se miden las dimensiones de las probetas para corroborar las medidas mencionadas anteriormente.
- Se registra las 55 probetas en grupos de 05 con los códigos N, S, S-A, S-B, S-C, S-D, M, MS-A, MS-B, MS-C y MS-D.
- Se saturan las probetas con los códigos M, MS-A, MS-B, MS-C y MS-D

Figura N° 61: PROBETAS PARA EL ENSAYO DE DUREZA BRINELL EN
PROCESO DE SATURACIÓN



Fuente propia

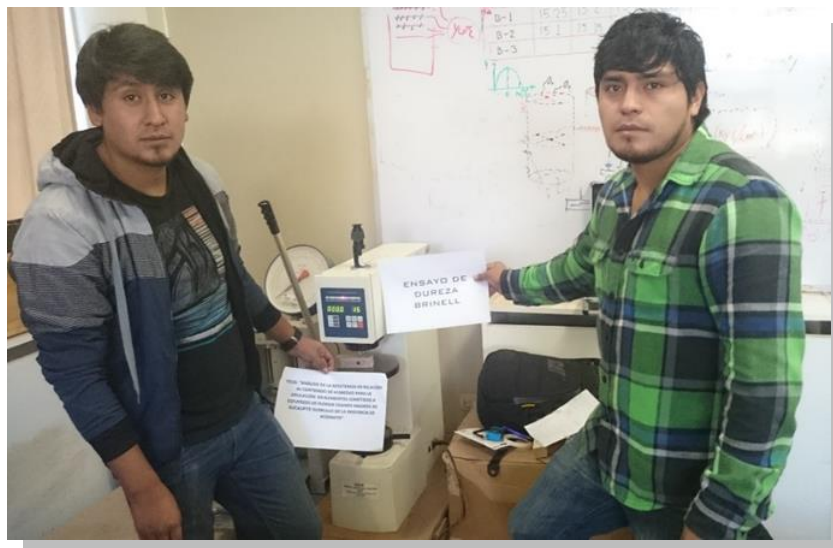
- Se llevan al horno las probetas con los códigos S, S-A, S-B, S-C y S-D
- Colocar las probetas en bolsas herméticas, de tal manera que se pueda garantizar el contenido de humedad.
- Las primeras probetas en ensayar son las 05 probetas con el código N (humedad natural).
- Se irán pesando cada probeta con su respectivo código antes de ser ensayada.
- Se registra el porcentaje de humedad mediante el higrómetro, de cada código (05 probetas por código).

Figura N° 62: MEDICIÓN ELECTRÓNICA DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD

*Fuente propia*

- Se escoge la cara más representativa y se coloca en la zona de ensayo de dureza Brinell. Se coloca papel carbón sobre la cara que será ensayada.
- Se programa la fuerza que se aplicará a la probeta (125 kgf) y se define el tiempo en que se someterá la fuerza (15 segundos)

Figura N° 63: ENSAYO DE DUREZA BRINELL

*Fuente propia*

- Se gira la base en sentido horario, hasta que la bola choque con la probeta, una vez en contacto emitirá un pitido. El equipo aplicara la fuerza establecida de 125 kgf durante el tiempo de 15 segundos.
- El Equipo emitirá un pitido, esto significa que la aplicación de la fuerza ha finalizado, se gira la base en sentido anti horario, para retirar la probeta que ya muestra la huella de la indentación.

Figura N° 64: EQUIPO DE DUREZA BRINELL EN FUNCIONAMIENTO



Fuente propia

- Para la mejor visualización de la huella, se colocó papel carbón a la hora de ensayar cada probeta, ya que esta deja una huella de color que es más fácil de apreciar con el microscopio.

Figura N° 65: LA PROFUNDIDAD - H DEL CASQUETE IMPRESO



Fuente propia

- Luego de retirada la carga se miden dos diámetros, en dos diagonales de la indentación dejada, con ayuda de un microscopio portátil.

Figura N° 66: LECTURA DE LA IDENTACIÓN MEDIANTE EL
MICROSCOPIO



Fuente propia

- El valor medio de los diámetros (d) y los otros valores se sustituyen en la fórmula de trabajo para obtener el valor de la dureza Brinell.
- Una vez ensayada las probetas de madera de Eucalipto Globulus se someterán a tiempos de secado en el horno para determinar el contenido de humedad de cada muestra.

Figura N° 67: PROBETAS ENSAYADAS SECADAS EN EL HORNO ELÉCTRICO



Fuente propia

- Repetir el proceso para las probetas con los códigos S, S-A, S-B, S-C, S-D, M, MS-A, MS-B, MS-C y MS-D.

3.5. PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS

3.5.1. ANÁLISIS DEL ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA:

3.5.1.1. ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS ELEMENTOS MUESTRALES DE MADERA DE EUCALIPTO GLOBULUS PARA EL ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA:

Se fue variando la humedad de las probetas de madera de Eucalipto Globulus y se tiene el siguiente contenido de humedad:

Tabla N° 28: CONTENIDO DE HUMEDAD DE PROBETAS PARA EL ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA

CÓDIGO	EVALUACIÓN	N° DE PROBETA	PESO HUMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)
N	NATURAL	1	245.38	184.28	33.16
		2	244.48	183.85	32.98
		3	261.28	196.12	33.22
		4	251.44	189.86	32.43
		5	238.79	181.06	31.88
S-A	SECO 30 MIN	1	216.95	169.86	27.72
		2	216.89	172.57	25.68
		3	205.63	163.47	25.79
		4	197.08	153.90	28.06
		5	176.89	139.90	26.44
S-B	SECO 60 MIN	1	178.83	147.79	21.00
		2	184.53	149.22	23.66
		3	175.75	142.02	23.75
		4	181.79	148.18	22.68
		5	198.83	160.61	23.80
S-C	SECO 90 MIN	1	195.94	158.03	23.99
		2	214.05	173.33	23.49
		3	181.37	153.46	18.19
		4	206.82	175.16	18.07
		5	168.60	142.66	18.18
S-D	SECO 120 MIN	1	231.78	176.47	31.34
		2	201.23	164.19	22.56
		3	179.38	139.39	28.69
		4	224.66	163.36	37.52
		5	187.59	148.94	25.95
S	SECO 100%	1	161.24	161.08	0.10
		2	176.30	176.20	0.06
		3	166.69	166.55	0.08
		4	144.38	144.37	0.01
		5	146.33	146.32	0.01
M	SATURADA	1	292.46	207.57	40.90
		2	396.48	187.32	111.66
		3	297.68	196.23	51.70
		4	291.94	181.66	60.71
		5	292.18	184.94	57.99

MS-A	SAT. Y SECO 30 MIN	1	302.12	189.58	59.36
		2	303.75	186.70	62.69
		3	306.29	204.14	50.04
		4	292.50	208.80	40.09
		5	296.84	205.43	44.50
MS-B	SAT. Y SECO 60 MIN	1	292.11	200.12	45.97
		2	286.70	219.61	30.55
		3	288.59	199.96	44.32
		4	278.45	195.07	42.74
		5	298.45	214.74	38.98
MS-C	SAT. Y SECO 90 MIN	1	294.75	198.70	48.34
		2	277.20	181.73	52.53
		3	288.17	212.26	35.76
		4	286.50	215.09	33.20
		5	282.76	215.21	31.39
MS-D	SAT. Y SECO 120 MIN	1	271.10	200.03	35.53
		2	275.60	197.27	39.71
		3	276.50	195.19	41.66
		4	272.60	197.71	37.88
		5	283.30	187.05	51.46

Fuente propia (CONTINUA DE LA TABLA ANTERIOR)

Se aprecia en la tabla los contenidos de humedad de cada probeta que fue secada a diferentes condiciones y tiempos.

$$W\% = \frac{(\text{Peso Húmedo} - \text{Peso Seco})}{\text{Peso Seco}} \times 100$$

$$N1 \quad W\% = \frac{245.38 - 184.28}{184.28} \times 100$$

$$N1 \quad W\% = 33.16$$

$$N2 \quad W\% = \frac{244.48 - 183.85}{183.85} \times 100$$

$$N2 \quad W\% = 32.98$$

$$N3 \quad W\% = \frac{261.28 - 196.12}{196.12} \times 100$$

$$N3 \quad W\% = 33.22$$

$$N4 \quad W\% = \frac{251.44 - 189.86}{189.86} \times 100$$

$$N4 \quad W\% = 32.43$$

$$N5 \quad W\% = \frac{238.79 - 181.06}{184.28} \times 100$$

$$N5 \quad W\% = 31.88$$

Proceso de calculo, del contenido de humedad, para probetas con C.H Natural.

3.5.2. ANÁLISIS DE LAS MEDIDAS DE LAS PROBETAS DE MADERA DE EUCALIPTO GLOBULUS PARA EL ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA:

Las probetas de la madera de Eucalipto Globulus, son medidas antes de ensayar para corroborar sus medidas y calcular la resistencia a la flexión de cada probeta a diferente humedad.

Tabla N° 29 CARACTERÍSTICAS DE LAS PROBETAS MADERAS DE EUCALIPTO GLOBULUS SOMETIDAS AL ENSAYO DE FLEXIÓN

CÓDIGO	EVALUACIÓN	N° DE PROBETA	GEOMETRIA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ESPESOR (cm)	LONGITUD ENTRE SOPORTES (cm)
N	NATURAL	1	rectangular	40.93	2.51	2.53	17.50
		2	rectangular	41.01	2.52	2.51	17.50
		3	rectangular	41.00	2.53	2.55	17.50
		4	rectangular	41.02	2.58	2.56	17.50
		5	rectangular	41.02	2.53	2.54	17.50
S-A	SECO 30 MIN	1	rectangular	41.00	2.50	2.53	17.50
		2	rectangular	41.00	2.58	2.51	17.50
		3	rectangular	41.06	2.59	2.50	17.50
		4	rectangular	41.05	2.58	2.51	17.50
		5	rectangular	41.00	2.52	2.48	17.50
S-B	SECO 60 MIN	1	rectangular	41.00	2.52	2.50	17.50
		2	rectangular	41.06	2.51	2.55	17.50
		3	rectangular	41.04	2.56	2.51	17.50
		4	rectangular	41.00	2.57	2.52	17.50
		5	rectangular	40.96	2.56	2.57	17.50
S-C	SECO 90 MIN	1	rectangular	41.05	2.51	2.55	17.50
		2	rectangular	41.03	2.56	2.57	17.50
		3	rectangular	40.97	2.56	2.53	17.50
		4	rectangular	41.06	2.51	2.52	17.50
		5	rectangular	41.00	2.51	2.52	17.50
S-D	SECO 120 MIN	1	rectangular	41.00	2.52	2.53	17.50
		2	rectangular	41.01	2.52	2.55	17.50
		3	rectangular	41.00	2.50	2.53	17.50
		4	rectangular	41.03	2.54	2.53	17.50
		5	rectangular	40.96	2.52	2.50	17.50

S	SECO 100%	1	rectangular	40.98	2.53	2.51	17.50
		2	rectangular	41.01	2.52	2.55	17.50
		3	rectangular	40.98	2.56	2.51	17.50
		4	rectangular	41.00	2.57	2.51	17.50
		5	rectangular	40.98	2.52	2.47	17.50
M	SATURADA	1	rectangular	41.00	2.50	2.52	17.50
		2	rectangular	41.00	2.52	2.52	17.50
		3	rectangular	41.00	2.53	2.51	17.50
		4	rectangular	41.00	2.52	2.50	17.50
		5	rectangular	41.00	2.53	2.53	17.50
MS-A	SAT. Y SECO 30 MIN	1	rectangular	41.10	2.53	2.51	17.50
		2	rectangular	41.00	2.53	2.54	17.50
		3	rectangular	41.00	2.56	2.53	17.50
		4	rectangular	41.04	2.53	2.50	17.50
		5	rectangular	41.00	2.51	2.53	17.50
MS-B	SAT. Y SECO 60 MIN	1	rectangular	41.00	2.54	2.52	17.50
		2	rectangular	41.00	2.53	2.51	17.50
		3	rectangular	41.00	2.51	2.52	17.50
		4	rectangular	41.00	2.54	2.52	17.50
		5	rectangular	41.02	2.53	2.50	17.50
MS-C	SAT. Y SECO 90 MIN	1	rectangular	40.98	2.53	2.53	17.50
		2	rectangular	41.00	2.53	2.51	17.50
		3	rectangular	41.00	2.50	2.51	17.50
		4	rectangular	41.05	2.53	2.52	17.50
		5	rectangular	41.04	2.54	2.52	17.50
MS-D	SAT. Y SECO 120 MIN	1	rectangular	41.06	2.53	2.51	17.50
		2	rectangular	41.02	2.54	2.50	17.50
		3	rectangular	41.02	2.54	2.52	17.50
		4	rectangular	41.04	2.56	2.49	17.50
		5	rectangular	41.00	2.54	2.50	17.50

Fuente propia (CONTINUA DE LA TABLA ANTERIOR)

Se puede apreciar en la tabla las características de la muestra y las condiciones del ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA.

3.5.3. ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE LOS ELEMENTOS MUESTRALES DE MADERA DE EUCALIPTO GLOBULUS.

Se tiene las siguientes cargas de fuerza en KN que se aplicaron a las probetas de madera de Eucalipto Globulus y que se determinaron gracias al Equipo de Ensayo Universal para el Ensayo de Flexión.

Tabla N° 30: FUERZA APLICADA A LA PROBETA DE FLEXIÓN

CÓDIGO	EVALUACIÓN	N° DE PROBETA	APLICACIÓN DE LA FUERZA (KN)	FUERZA (Kgf) Fuerza/0.009807
N	NATURAL	1	4.50	458.87
		2	4.46	454.79
		3	4.38	446.64
		4	4.70	479.27
		5	4.40	448.68
S-A	SECO 30 MIN	1	4.55	463.97
		2	4.60	469.07
		3	4.50	458.87
		4	4.60	469.07
		5	4.50	458.87
S-B	SECO 60 MIN	1	4.60	469.07
		2	4.55	463.97
		3	4.80	489.46
		4	4.85	494.56
		5	5.00	509.86
S-C	SECO 90 MIN	1	5.00	509.86
		2	5.20	530.25
		3	5.00	509.86
		4	4.96	505.78
		5	4.90	499.66
S-D	SECO 120 MIN	1	5.10	520.06
		2	5.15	525.15
		3	5.00	509.86
		4	5.25	535.35
		5	5.10	520.06



S	SECO 100%	1	5.25	535.35
		2	5.37	547.59
		3	5.30	540.45
		4	5.40	550.65
		5	5.00	509.86
M	SATURADA	1	5.40	550.65
		2	5.60	571.04
		3	5.50	560.84
		4	5.70	581.24
		5	5.60	571.04
MS-A	SAT. Y SECO 30 MIN	1	4.80	489.46
		2	4.75	484.37
		3	4.60	469.07
		4	4.90	499.66
		5	4.65	474.17
MS-B	SAT. Y SECO 60 MIN	1	4.50	458.87
		2	4.50	458.87
		3	4.60	469.07
		4	4.50	458.87
		5	4.20	428.28
MS-C	SAT. Y SECO 90 MIN	1	3.80	387.49
		2	4.00	407.89
		3	4.10	418.08
		4	3.80	387.49
		5	3.95	402.79
MS-D	SAT. Y SECO 120 MIN	1	4.00	407.89
		2	4.20	428.28
		3	4.25	433.38
		4	4.20	428.28
		5	4.15	423.18

Fuente propia (CONTINUA DE LA TABLA ANTERIOR)

Cálculo del módulo de elasticidad (MOE):

$$\text{MOE} = \frac{P'L^3}{4ae^3} Y \quad \text{kg/cm}^2$$

Donde:

P' = carga al límite proporcional en kg.

L = distancia entre los soportes, luz de la probeta (cm).

a = ancho de la probeta (cm).

e = espesor de la probeta (cm).

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

Cálculo del esfuerzo de la fibra al límite proporcional: El esfuerzo de la fibra al límite proporcional se calcula con la siguiente formula:

$$\text{ELP} = \frac{3P'L}{2ae^2} \quad \text{kg/cm}^2$$

Donde:

P' = carga al límite proporcional en kg.

L = distancia entre los soportes, luz de la probeta (cm).

a = ancho de la probeta (cm).

e = espesor de la probeta (cm).

Cálculo del módulo de ruptura (MOR):

$$\text{MOR} = \frac{3PL}{2ae^2} \quad \text{kg/cm}^2$$

Donde:

P' = carga máxima en kg.

L = distancia entre los soportes, luz de la probeta (cm).

a = ancho de la probeta (cm).

e = espesor de la probeta (cm).

Tabla N° 31: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

CÓDIGO	EVALUACIÓN	N° DE PROBETA	ESFUERZO DE ROTURA (Kg/cm ²)	P' LIMITE PROPORCIONAL (Kg/cm ²)	ESFUERZO AL LIMITE PROPORCIONAL (Kg/cm ²)	MODULO DE ELASTICIDAD (kg/cm ²)
N	NATURAL	1	749.73	289.41	472.86	76868.72
		2	751.96	376.47	622.46	70149.82
		3	712.66	428.28	683.37	70479.19
		4	744.06	285.52	443.27	69252.14
		5	721.56	253.15	407.12	67279.80
S-A	SECO 30 MIN	1	761.10	313.93	514.97	79598.88
		2	757.53	284.14	458.88	84923.33
		3	744.12	381.92	619.32	81007.64
		4	757.53	317.94	513.47	73119.69
		5	777.17	438.28	742.30	73280.23
S-B	SECO 60 MIN	1	781.78	395.92	659.86	88620.63
		2	746.22	415.52	668.29	89070.62
		3	796.64	398.11	647.96	81598.01
		4	795.46	444.73	715.31	81039.89
		5	791.54	458.68	712.08	88455.68
S-C	SECO 90 MIN	1	820.02	413.93	665.73	88530.23
		2	823.20	418.08	649.06	94175.52
		3	816.77	447.29	716.54	89025.44
		4	832.94	412.49	679.31	89788.84
		5	822.87	396.90	653.64	92958.62
S-D	SECO 120 MIN	1	846.33	407.10	662.50	94257.26
		2	841.27	487.49	780.94	93122.23
		3	836.37	386.31	633.70	97473.37
		4	864.36	404.31	652.78	92172.39
		5	866.76	385.52	642.54	91609.10

S	SECO 100%	1	881.66	366.11	602.94	101046.77
		2	877.21	395.92	634.24	99319.89
		3	879.62	416.70	678.22	100085.57
		4	892.73	454.89	737.48	102466.06
		5	870.53	365.92	624.76	99158.96
M	SATURADA	1	910.46	409.78	677.55	109771.10
		2	936.69	427.49	701.22	112365.48
		3	923.64	398.11	655.64	107227.67
		4	968.73	376.31	627.18	113438.69
		5	925.63	415.92	674.17	112387.89
MS-A	SAT. Y SECO 30 MIN	1	806.09	348.73	574.32	89030.06
		2	778.96	365.93	588.49	90667.54
		3	751.42	364.34	583.65	89802.44
		4	829.48	375.92	624.05	84579.08
		5	774.72	356.31	582.16	89750.89
MS-B	SAT. Y SECO 60 MIN	1	746.77	364.93	593.89	58735.04
		2	755.71	384.93	633.93	57859.93
		3	772.49	346.96	571.39	56954.86
		4	746.77	354.93	577.61	54998.64
		5	710.98	364.93	605.81	56047.86
MS-C	SAT. Y SECO 90 MIN	1	628.10	297.49	482.22	47134.37
		2	671.74	354.93	584.52	45710.27
		3	696.80	284.73	474.55	43355.39
		4	633.10	325.32	531.52	41279.95
		5	655.50	354.93	577.61	40311.87
MS-D	SAT. Y SECO 120 MIN	1	671.74	325.13	535.44	58470.64
		2	708.18	366.11	605.38	58444.69
		3	705.28	384.34	625.47	59527.78
		4	708.30	323.94	535.75	60842.57
		5	699.75	385.92	638.13	61103.22

Fuente propia (CONTINUA DE LA TABLA ANTERIOR)

Análisis de la deformación de la probeta de madera de Eucalipto Globulus a diferentes humedades.

3.5.4. ANÁLISIS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN PARALELA AL GRANO:**3.5.4.1. ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS ELEMENTOS MUESTRALES DE MADERA DE EUCALIPTO GLOBULUS PARA EL ENSAYO DE TRACCIÓN PARALELA AL GRANO:**

Se fue variando la humedad de las probetas de madera de Eucalipto Globulus y se tiene el siguiente contenido de humedad:

Tabla N° 32: CONTENIDO DE HUMEDAD DE PROBETAS PARA EL ENSAYO DE TRACCIÓN PARALELA AL GRANO

CÓDIGO	EVALUACIÓN	N° DE PROBETA	PESO HUMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)
N	NATURAL	1	1.89	1.45	30.34
		2	1.91	1.44	32.64
		3	2.11	1.61	31.06
		4	1.97	1.48	33.11
		5	1.81	1.36	33.09
S-A	SECO 15 MIN	1	1.83	1.44	27.08
		2	2.01	1.57	28.03
		3	1.86	1.46	27.40
		4	1.90	1.49	27.52
		5	1.81	1.43	26.57
S-B	SECO 30 MIN	1	1.96	1.59	23.27
		2	1.86	1.51	23.18
		3	2.01	1.63	23.31
		4	1.76	1.44	22.22
		5	1.93	1.58	22.15
S-C	SECO 45 MIN	1	1.81	1.57	15.29
		2	1.78	1.53	16.34
		3	1.46	1.26	15.87
		4	1.62	1.39	16.55
		5	1.93	1.64	17.68

S-D	SECO 60 MIN	1	1.48	1.32	12.12
		2	1.33	1.16	14.66
		3	1.63	1.48	10.14
		4	1.94	1.69	14.79
		5	1.43	1.30	10.00
S	SECO 100%	1	1.38	1.37	0.73
		2	1.49	1.48	0.68
		3	1.16	1.16	0.00
		4	1.58	1.57	0.64
		5	1.34	1.34	0.00
M	SATURADA	1	2.70	1.33	103.01
		2	2.82	1.39	102.88
		3	2.87	1.46	96.58
		4	2.81	1.42	97.89
		5	2.78	1.40	98.57
MS-A	SAT. Y SECO 15 MIN	1	2.59	1.41	83.69
		2	2.75	1.44	90.97
		3	2.70	1.44	87.50
		4	2.57	1.33	93.23
		5	2.44	1.33	83.46
MS-B	SAT. Y SECO 30 MIN	1	2.56	1.54	66.23
		2	2.14	1.25	71.20
		3	2.48	1.50	65.33
		4	2.42	1.39	74.10
		5	2.12	1.19	78.15
MS-C	SAT. Y SECO 45 MIN	1	2.46	1.57	56.69
		2	2.35	1.46	60.96
		3	2.19	1.37	59.85
		4	1.82	1.19	52.94
		5	1.77	1.12	58.04
MS-D	SAT. Y SECO 60 MIN	1	1.85	1.34	38.06
		2	2.19	1.49	46.98
		3	1.69	1.22	38.52
		4	1.68	1.16	44.83
		5	1.98	1.34	47.76

Fuente propia (CONTINUA DE LA TABLA ANTERIOR)

Proceso de calculo, del contenido de humedad, para probetas con C.H Natural

$$W\% = \frac{(\text{Peso Húmedo} - \text{Peso Seco})}{\text{Peso Seco}} \times 100$$

$$N1 \quad W\% = \frac{1.89 - 1.45}{1.45} \times 100$$

$$N1 \quad W\% = 30.34$$

$$N2 \quad W\% = \frac{1.91 - 1.44}{1.44} \times 100$$

$$N2 \quad W\% = 32.64$$

$$N3 \quad W\% = \frac{2.11 - 1.61}{1.61} \times 100$$

$$N3 \quad W\% = 31.06$$

$$N4 \quad W\% = \frac{1.97 - 1.48}{1.48} \times 100$$

$$N4 \quad W\% = 33.11$$

$$N5 \quad W\% = \frac{1.81 - 1.36}{1.36} \times 100$$

$$N5 \quad W\% = 33.09$$

3.5.4.2. ANÁLISIS DE LAS MEDIDAS INICIALES Y FINALES DE LAS PROBETAS DE MADERA DE EUCALIPTO GLOBULUS PARA DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN:

Se tiene las siguientes cargas de fuerza en KN que se aplicaron a las probetas de madera de Eucalipto Globulus y se determinaron gracias al Equipo de Ensayo Universal para el Ensayo de tracción.

La elongación se mide en la parte central de la probeta, la cual corresponde a la longitud inicial de la probeta, l_0 .

La elongación de una barra bajo una fuerza determinada es:

$$\Delta l = (l_u - l_0) \quad (mm)$$

Dónde:

l_u : longitud en el momento de la rotura (mm)

l_0 : longitud inicial de la probeta (mm)

Elongación A:

$$A = (\Delta l / l_0) \cdot 100 \quad \%$$

Dónde:

l_0 : longitud inicial de la probeta.

$A = l \times w$ = Área de la probeta en mm^2 , l = longitud de la probeta y w = espesor de la probeta (*NBR 7190/97- Projeto de Estruturas de Madeira*).

Tabla N° 33: ELONGACIÓN Y VARIACIÓN DE DIMENSIONES EN EL ENSAYO DE TRACCIÓN PARALELA AL GRANO

CÓDIGO	EVALUACIÓN	N° DE PROBETA	LONGITUD DE LA PROBETA (cm)	ESPESOR DE LA PROBETA (cm)	LONGITUD FINAL DE LA PROBETA (cm)	ANCHO FINAL DE LA PROBETA (cm)	ESPESOR FINAL DE LA PROBETA (cm)	DIFERENCIA DE LONGITUDES (ΔL) (cm)
N	NATURAL	1	11.05	0.52	11.49	0.60	0.42	0.44
		2	10.98	0.50	11.10	0.50	0.43	0.12
		3	11.10	0.42	11.15	0.51	0.50	0.05
		4	11.08	0.50	11.10	0.55	0.61	0.02
		5	11.00	0.45	11.15	0.50	0.48	0.15
S-A	SECO 15 MIN	1	11.05	0.46	11.15	0.50	0.55	0.10
		2	11.10	0.49	11.10	0.50	0.50	0.00
		3	11.10	0.42	11.40	0.50	0.50	0.30
		4	10.97	0.47	11.12	0.55	0.50	0.15
		5	11.10	0.48	11.82	0.57	0.50	0.72
S-B	SECO 30 MIN	1	11.10	0.49	11.40	0.45	0.43	0.30
		2	11.00	0.50	11.03	0.48	0.42	0.03
		3	10.96	0.48	11.60	0.48	0.47	0.64
		4	10.90	0.52	11.40	0.44	0.46	0.50
		5	11.09	0.52	11.18	0.46	0.44	0.09
S-C	SECO 45 MIN	1	11.00	0.50	11.20	0.48	0.50	0.20
		2	11.00	0.47	11.12	0.51	0.60	0.12
		3	11.05	0.40	11.50	0.51	0.48	0.45
		4	11.00	0.44	11.40	0.46	0.43	0.40
		5	11.00	0.52	11.80	0.50	0.49	0.80
S-D	SECO 60 MIN	1	10.93	0.45	11.12	0.55	0.48	0.19
		2	10.98	0.48	11.28	0.51	0.53	0.30
		3	11.00	0.48	11.12	0.50	0.55	0.12
		4	11.00	0.45	11.41	0.47	0.50	0.41
		5	10.99	0.43	11.32	0.45	0.44	0.33



S	SECO 100%	1	10.90	0.41	12.00	0.50	0.50	1.10
		2	11.00	0.48	11.30	0.45	0.60	0.30
		3	11.00	0.46	11.30	0.50	0.48	0.30
		4	11.08	0.45	11.60	0.50	0.46	0.52
		5	11.03	0.49	11.46	0.51	0.49	0.43
M	SATURAD A	1	11.05	0.46	12.10	0.50	0.51	1.05
		2	11.12	0.48	11.15	0.43	0.41	0.03
		3	11.15	0.49	11.20	0.49	0.51	0.05
		4	11.08	0.50	11.21	0.50	0.44	0.13
		5	11.10	0.48	11.49	0.50	0.55	0.39
MS-A	SAT. Y SECO 15 MIN	1	11.05	0.50	11.42	0.53	0.52	0.37
		2	11.12	0.47	11.21	0.62	0.61	0.09
		3	11.10	0.51	12.10	0.52	0.51	1.00
		4	11.10	0.48	11.32	0.53	0.52	0.22
		5	11.09	0.50	11.65	0.54	0.53	0.56
MS-B	SAT. Y SECO 30 MIN	1	10.98	0.50	11.13	0.55	0.51	0.15
		2	11.06	0.51	11.32	0.56	0.52	0.26
		3	11.12	0.53	11.65	0.55	0.54	0.53
		4	11.09	0.49	11.35	0.51	0.54	0.26
		5	11.15	0.49	11.62	0.53	0.51	0.47
MS-C	SAT. Y SECO 45 MIN	1	11.11	0.53	11.23	0.56	0.54	0.12
		2	11.00	0.56	11.20	0.61	0.57	0.20
		3	11.10	0.51	11.24	0.59	0.52	0.14
		4	11.11	0.51	11.60	0.51	0.52	0.49
		5	11.13	0.52	11.32	0.56	0.53	0.19
MS-D	SAT. Y SECO 60 MIN	1	11.12	0.51	11.21	0.61	0.52	0.09
		2	11.10	0.49	11.20	0.60	0.50	0.10
		3	11.05	0.59	11.58	0.61	0.60	0.53
		4	11.08	0.51	11.50	0.60	0.52	0.42
		5	11.05	0.51	11.68	0.59	0.52	0.63

Fuente propia (CONTINUA DE LA TABLA ANTERIOR)

En esta tabla se muestran las deformaciones de la probeta de Eucalipto Globulus a diferentes humedades que fue sometida al Ensayo de Tracción PARALELA AL GRANO.

3.5.4.3. ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE LAS PROBETAS DE MADERA DE EUCALIPTO GLOBULUS:

Cálculo de la resistencia:

El cálculo de la resistencia a la tracción paralela a la superficie en MDF (f_t), es realizado con la siguiente formula:

$$f_t = \frac{F}{A}$$

Donde, F = Carga o fuerza máxima aplicada en Kn .

Tabla N° 34 RESISTENCIA A LA TRACCIÓN.

CÓDIGO	EVALUACIÓN	N° DE PROBETA	FUERZA (KN)	AREA (cm ²)	TENSIÓN DE ROTURA (Kg/cm ²)
N	NATURAL	1	224.34	0.25	898.79
		2	199.86	0.23	888.29
		3	189.67	0.21	903.18
		4	224.34	0.25	897.35
		5	198.84	0.23	883.75
S-A	SECO 15 MIN	1	219.24	0.22	992.93
		2	236.57	0.24	985.32
		3	203.94	0.21	971.16
		4	218.22	0.22	1009.34
		5	254.93	0.24	1062.20
S-B	SECO 30 MIN	1	254.93	0.24	1083.88
		2	265.13	0.25	1060.50
		3	244.73	0.22	1133.02
		4	270.22	0.26	1039.33
		5	275.32	0.25	1080.55
S-C	SECO 45 MIN	1	240.65	0.23	1069.57
		2	260.03	0.24	1106.50
		3	224.34	0.20	1099.69
		4	229.44	0.20	1133.58
		5	234.53	0.23	1002.29



S-D	SECO 60 MIN	1	275.32	0.23	1223.66
		2	285.52	0.23	1239.24
		3	265.13	0.21	1255.33
		4	260.03	0.21	1256.17
		5	234.53	0.19	1239.61
S	SECO 100%	1	265.13	0.19	1375.85
		2	270.22	0.20	1340.40
		3	295.72	0.22	1339.30
		4	290.62	0.22	1318.00
		5	301.84	0.23	1310.62
M	SATURADA	1	331.41	0.24	1385.48
		2	316.11	0.23	1401.21
		3	331.41	0.24	1409.05
		4	316.11	0.23	1404.94
		5	336.51	0.24	1402.11
MS-A	SAT. Y SECO 15 MIN	1	300.82	0.25	1203.27
		2	285.52	0.24	1214.98
		3	295.72	0.24	1208.00
		4	290.62	0.24	1187.17
		5	280.42	0.23	1219.23
MS-B	SAT. Y SECO 30 MIN	1	229.44	0.26	882.45
		2	239.63	0.25	958.92
		3	251.87	0.27	931.82
		4	224.34	0.25	915.66
		5	224.34	0.25	897.71
MS-C	SAT. Y SECO 45 MIN	1	214.14	0.29	734.62
		2	203.94	0.29	714.09
		3	142.76	0.26	548.87
		4	152.96	0.26	599.83
		5	193.75	0.29	677.43
MS-D	SAT. Y SECO 60 MIN	1	219.24	0.27	826.69
		2	203.94	0.24	867.11
		3	239.63	0.30	812.32
		4	224.34	0.26	862.51
		5	214.14	0.26	839.77

Fuente propia (CONTINUA DE LA TABLA ANTERIOR)

En esta tabla se muestra las fuerzas que se aplicaron a la probeta de Eucalipto Globulus y se puede apreciar la resistencia a la Tracción de cada probeta a diferente humedad.

3.5.5. ANÁLISIS DEL ENSAYO DE DUREZA BRINELL:

3.5.5.1. ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS ELEMENTOS MUESTRALES DE MADERA DE EUCALIPTO GLOBULUS PARA EL ENSAYO DE DUREZA BRINELL:

Tabla N° 35: CONTENIDO DE HUMEDAD DE PROBETAS PARA EL ENSAYO DE DUREZA BRINELL

CÓDIGO	EVALUACIÓN	N° DE PROBETA	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	CONTENIDO DE HUMEDAD (W%)
N	NATURAL	1	71.42	54.23	31.70
		2	72.23	54.12	33.46
		3	64.14	47.87	33.99
		4	65.54	50.01	31.05
		5	70.02	52.77	32.69
S-A	SECO 30 MIN	1	65.65	51.23	28.15
		2	61.28	48.34	26.77
		3	60.34	46.87	28.74
		4	62.18	48.83	27.34
		5	61.38	47.86	28.25
S-B	SECO 60 MIN	1	59.58	49.12	21.29
		2	60.43	49.14	22.98
		3	59.58	48.83	22.02
		4	60.05	48.98	22.60
		5	58.15	46.88	24.04
S-C	SECO 90 MIN	1	57.43	49.22	16.68
		2	57.05	48.13	18.53
		3	55.13	47.16	16.90
		4	53.79	45.72	17.65
		5	59.76	51.34	16.40
S-D	SECO 120 MIN	1	52.65	46.38	13.52
		2	51.13	46.06	11.01
		3	52.74	46.81	12.67
		4	58.15	50.68	14.74
		5	55.24	48.83	13.13
S	SECO 100%	1	49.64	49.64	0.00
		2	48.76	48.76	0.00
		3	48.39	48.39	0.00
		4	49.93	49.93	0.00
		5	50.98	50.98	0.00

M	SATURADA	1	98.3	49.57	98.31
		2	95.7	47.38	101.98
		3	92.1	46.67	97.34
		4	97.9	46.79	109.23
		5	98.56	48.35	103.85
MS-A	SAT. Y SECO 30 MIN	1	99.4	50.98	94.98
		2	95.2	49.62	91.86
		3	86.7	44.67	94.09
		4	95.3	49.84	91.21
		5	91.1	50.04	82.05
MS-B	SAT. Y SECO 60 MIN	1	88.8	51.90	71.10
		2	85.4	49.99	70.83
		3	81.57	46.77	74.41
		4	81.01	47.97	68.88
		5	80.68	48.35	66.87
MS-C	SAT. Y SECO 90 MIN	1	81.5	52.33	55.74
		2	78.19	48.64	60.75
		3	78.85	51.91	51.90
		4	84.35	53.29	58.28
		5	77.9	48.12	61.89
MS-D	SAT. Y SECO 120 MIN	1	77.78	56.45	37.79
		2	81.3	54.68	48.68
		3	78.13	54.64	42.99
		4	76.13	55.94	36.09
		5	79.04	55.61	42.13

Fuente propia (CONTINUA DE LA TABLA ANTERIOR)

De la tabla se muestra el contenido de humedad de cada probeta que fue secando en diferentes circunstancias y tiempos.

$$W\% = \frac{(\text{Peso Húmedo} - \text{Peso Seco})}{\text{Peso Seco}} \times 100$$

$$N1 \quad W\% = \frac{71.42 - 54.23}{54.23} \times 100$$

$$N1 \quad W\% = 31.70$$

$$N2 \quad W\% = \frac{72.23 - 54.12}{54.12} \times 100$$

$$N2 \quad W\% = 33.46$$

$$N3 \quad W\% = \frac{64.14 - 47.87}{47.87} \times 100$$

$$N3 \quad W\% = 33.99$$

$$N4 \quad W\% = \frac{65.54 - 50.01}{50.01} \times 100$$

$$N4 \quad W\% = 31.05$$

$$N5 \quad W\% = \frac{70.02 - 52.77}{52.77} \times 100$$

$$N5 \quad W\% = 32.69$$

Proceso de calculo, del contenido de humedad para probetas con C.H Natural.

3.5.5.2. ANÁLISIS DE LA FUERZA APLICADA EN LOS ELEMENTOS MUESTRALES DE MADERA DE EUCALIPTO GLOBULUS PARA EL ENSAYO DE DUREZA BRINELL

Se tiene las siguientes cargas de fuerza en KN que se aplicaron a las probetas de madera de Eucalipto Globulus y se determinaron gracias al Equipo de Dureza Brinell.

Tabla N° 36: FUERZA DEL ENSAYO DE DUREZA BRINELL

CÓDIGO	EVALUACIÓN	N° DE PROBETA	FUERZA DEL ENSAYO(kgf)
N	NATURAL	1	125.00
		2	125.00
		3	125.00
		4	125.00
		5	125.00
S-A	SECO 30 MIN	1	125.00
		2	125.00
		3	125.00
		4	125.00
		5	125.00



S-B	SECO 60 MIN	1	125.00
		2	125.00
		3	125.00
		4	125.00
		5	125.00
S-C	SECO 90 MIN	1	125.00
		2	125.00
		3	125.00
		4	125.00
		5	125.00
S-D	SECO 120 MIN	1	125.00
		2	125.00
		3	125.00
		4	125.00
		5	125.00
S	SECO 100%	1	125.00
		2	125.00
		3	125.00
		4	125.00
		5	125.00
M	SATURADA	1	125.00
		2	125.00
		3	125.00
		4	125.00
		5	125.00
MS-A	SAT. Y SECO 30 MIN	1	125.00
		2	125.00
		3	125.00
		4	125.00
		5	125.00
MS-B	SAT. Y SECO 60 MIN	1	125.00
		2	125.00
		3	125.00
		4	125.00
		5	125.00
MS-C	SAT. Y SECO 90 MIN	1	125.00
		2	125.00
		3	125.00
		4	125.00
		5	125.00

MS-D	SAT. Y SECO 120 MIN	1	125.00
		2	125.00
		3	125.00
		4	125.00
		5	125.00

Fuente propia (CONTINUA DE LA TABLA ANTERIOR)

De la tabla se aprecia la fuerza de aplicación que se tomó del equipo mediante lecturas digitales.

Análisis de la Dureza Brinell de las probetas de madera de Eucalipto Globulus a diferentes humedades.

$$HB = \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad [\text{N/mm}^2] \quad (2)$$

Dónde:

HB = Dureza Brinell en [N/mm²] o en [MPa]

F = Fuerza constante sobre el material [N]

D= Diámetro de la bola en [mm]

d = Diámetro de la huella en [mm]

3.5.5.3. ANÁLISIS DE LA DUREZA BRINELL DE LOS ELEMENTOS MUESTRALES DE MADERA DE EUCALIPTO GLOBULUS:

Se tiene el análisis de la Dureza Brinell realizados en los elementos muestrales de madera de Eucalipto Globulus.

Tabla N° 37: DUREZA BRINELL

CÓDIGO	EVALUACIÓN	N° DE PROBETA	DIÁMETRO DE IDENTACIÓN (mm) LADO A		DIÁMETRO DE IDENTACIÓN (mm) LADO B		DIÁMETRO DE LA BOLA (mm)	DUREZA BRINELL (N/mm)
N	NATURAL	1	6.80	6.43	6.52	6.40	10.00	3.27
		2	6.48	6.40	6.49	6.80	10.00	3.27
		3	6.54	6.20	6.45	6.95	10.00	3.27
		4	6.12	6.95	6.48	6.87	10.00	3.19
		5	6.80	6.85	6.30	6.50	10.00	3.26
S-A	SECO 30 MIN	1	6.00	5.40	6.80	6.30	10.00	3.63
		2	6.40	5.80	7.50	5.40	10.00	3.59
		3	7.18	4.46	7.52	6.00	10.00	3.57
		4	7.46	5.35	6.66	5.48	10.00	3.64
		5	6.82	5.65	6.65	5.85	10.00	3.64
S-B	SECO 60 MIN	1	5.80	5.30	5.80	5.60	10.00	4.59
		2	5.80	5.20	6.20	5.25	10.00	4.62
		3	6.15	5.25	5.50	5.42	10.00	4.68
		4	5.20	6.25	5.70	5.90	10.00	4.42
		5	5.12	6.20	5.30	5.40	10.00	4.53
S-C	SECO 90 MIN	1	4.20	5.50	6.50	5.32	10.00	5.07
		2	5.50	5.45	5.20	5.00	10.00	5.26
		3	5.40	5.80	4.80	5.80	10.00	4.93
		4	5.00	5.20	5.20	5.85	10.00	5.21
		5	5.20	5.80	4.82	5.80	10.00	5.02
S-D	SECO 120 MIN	1	5.30	6.00	5.60	5.30	10.00	4.73
		2	5.50	6.40	6.50	5.20	10.00	4.13
		3	6.00	5.12	5.83	4.76	10.00	4.97
		4	5.00	5.50	5.20	4.88	10.00	5.58
		5	4.48	5.30	4.20	5.12	10.00	6.56
S	SECO 100%	1	5.20	5.42	4.10	5.35	10.00	5.90
		2	4.82	4.53	5.63	4.95	10.00	5.98
		3	5.50	4.83	5.00	4.50	10.00	6.05
		4	5.40	4.50	5.50	4.45	10.00	6.04
		5	4.80	4.86	5.25	5.00	10.00	6.00
M	SATURADA	1	4.30	5.00	4.30	5.40	10.00	6.63
		2	4.60	4.30	5.20	5.18	10.00	6.43
		3	4.21	4.84	5.52	4.51	10.00	6.57
		4	5.25	5.52	4.45	4.05	10.00	6.43
		5	5.12	5.33	4.35	4.63	10.00	6.32
MS-A	SAT. Y SECO 30 MIN	1	5.52	5.20	5.20	5.10	10.00	5.33
		2	5.20	5.40	5.10	5.35	10.00	5.32
		3	4.65	5.48	5.35	5.43	10.00	5.39
		4	5.40	5.20	5.14	5.30	10.00	5.32
		5	5.25	5.22	5.20	5.32	10.00	5.35



MS-B	SAT. Y SECO 60 MIN	1	6.00	5.80	6.20	5.80	10.00	4.05
		2	6.00	5.60	6.20	6.00	10.00	4.05
		3	5.60	5.50	7.20	5.40	10.00	4.09
		4	6.00	5.20	6.20	6.10	10.00	4.17
		5	5.80	5.43	6.82	5.63	10.00	4.10
MS-C	SAT. Y SECO 90 MIN	1	7.20	6.40	6.25	6.80	10.00	3.13
		2	6.80	6.60	7.00	6.40	10.00	3.09
		3	7.15	7.10	6.40	6.20	10.00	3.08
		4	6.63	7.35	6.40	6.80	10.00	2.99
		5	6.00	7.48	6.60	7.00	10.00	3.01
MS-D	SAT. Y SECO 120 MIN	1	7.00	7.20	6.50	7.50	10.00	2.74
		2	6.40	7.10	6.60	7.40	10.00	2.91
		3	6.60	6.85	6.80	7.40	10.00	2.87
		4	6.30	6.65	7.43	7.20	10.00	2.89
		5	7.20	6.60	7.10	6.80	10.00	2.86

Fuente propia (CONTINUA DE LA TABLA ANTERIOR)

En la tabla se aprecia la dureza Brinell de cada probeta que se ensayó a diferentes humedades.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS FÍSICO MECÁNICOS

4.1.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA

Tabla N° 38 Resultados de la resistencia a la flexión de cada probeta de Eucalipto Globulus a diferentes humedades.

CÓDIGO	EVALUACIÓN	CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)	ESFUERZO DE ROTURA PROMEDIO (Kg/cm ²)
N	NATURAL	32.74	735.99
S-A	SECO 30 MIN	26.74	759.49
S-B	SECO 60 MIN	22.98	782.33
S-C	SECO 90 MIN	17.95	823.16
S-D	SECO 120 MIN	12.80	851.02
S	SECO 100%	0.05	880.35
M	SATURADA	100.70	933.03
MS-A	SAT. Y SECO 30 MIN	87.45	788.13
MS-B	SAT. Y SECO 60 MIN	74.83	746.54
MS-C	SAT. Y SECO 90 MIN	57.13	657.05
MS-D	SAT. Y SECO 120 MIN	39.71	698.65

Fuente propia

DE LA TABLA:

Se puede apreciar que a medida que el contenido de humedad de cada probeta de madera de Eucalipto Globulus baja, se alcanza un mayor esfuerzo de rotura. Se puede afirmar que el contenido de humedad y la resistencia a la flexión son inversamente proporcionales. Por ejemplo:



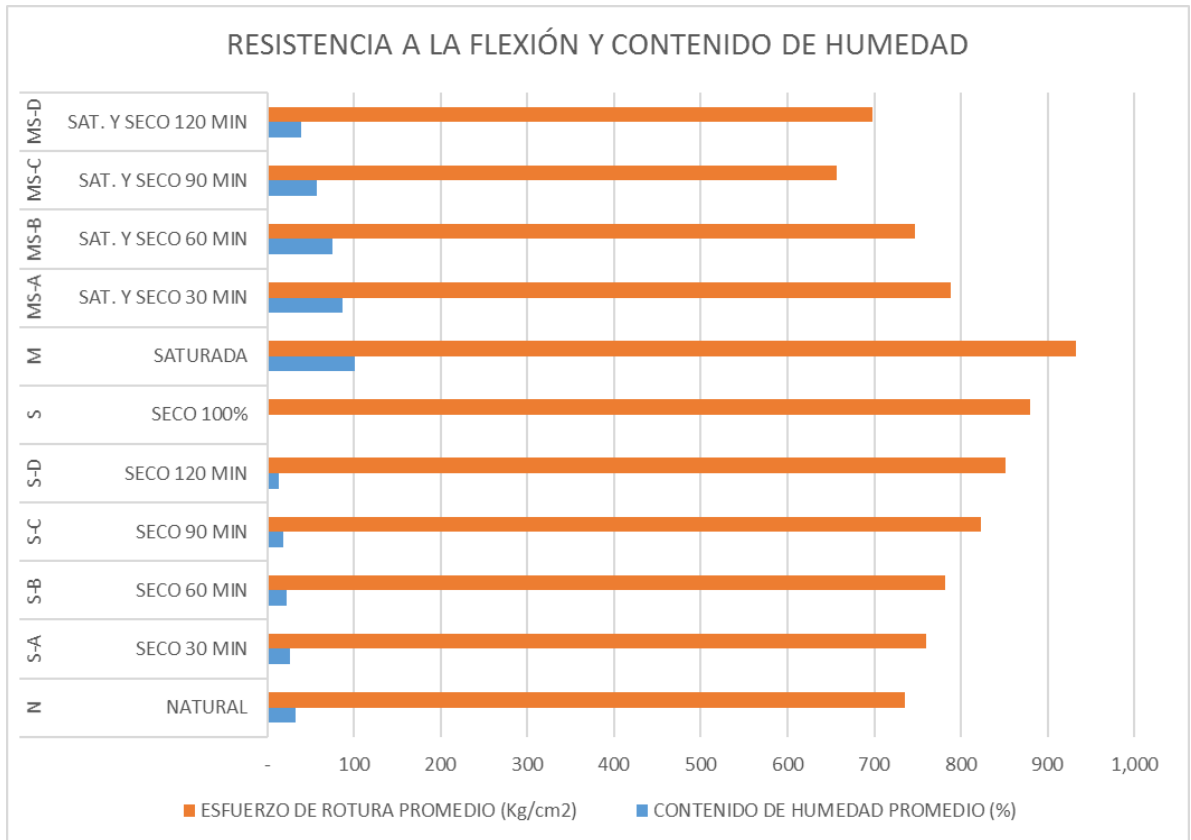
La probeta con el código N natural, con un contenido de humedad del 32.74% presenta un esfuerzo de rotura de 735.99 Kg/cm² y la probeta con el código S-A seco 30 minutos, con un contenido de humedad de 26.74% tendrá un esfuerzo de rotura de 759.49 Kg/cm² y esta será mayor a la anterior. *Demostrando que S-A seco 30 minutos tiene una mayor resistencia a la flexión que la probeta N natural.*

A excepción de la probeta con el código M saturada que, por estar contenida de agua en su totalidad, esta sirve como un disipador y absorbe más fuerza de aplicación, haciendo que una probeta humedad al 100% resista más que una seca al 100%. Por ejemplo:

La probeta con el código M saturada, con un contenido de humedad del 100% presenta un esfuerzo de rotura de 933.03 Kg/cm² y la probeta con el código S seco al 100% con un contenido de humedad de 0% tendrá un esfuerzo de rotura de 880.35 Kg/cm² y esta será menor a la anterior. *Demostrando que la probeta M saturada tiene una mejor resistencia a la flexión que la probeta S seco al 100%*

En la figura N° 68 se aprecia de manera general los resultados del ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA y el contenido de humedad que se realizó a las probetas de madera de Eucalipto Globulus mediante una figura de barras para una mejor apreciación y visualización.

FIGURA N° 68: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (MPa) Y CONTENIDO DE HUMEDAD (%W)



Fuente propia

4.1.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN PARALELA

En la tabla N° 39 se muestra los resultados del ensayo a tracción a las probetas de madera de Eucalipto Globulus con diferentes humedades.

Tabla N° 39: RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE CADA PROBETA DE EUCALIPTO GLOBULUS A DIFERENTES HUMEDADES.

CÓDIGO	EVALUACIÓN	CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)	TENSIÓN DE ROTURA PROMEDIO (Kg/cm ²)
N	NATURAL	32.047	894.271
S-A	SECO 30 MIN	27.319	1004.190
S-B	SECO 60 MIN	22.827	1079.456
S-C	SECO 90 MIN	16.346	1082.325
S-D	SECO 120 MIN	12.341	1242.803
S	SECO 100%	0.409	1336.835
M	SATURADA	99.784	1400.558
MS-A	SAT. Y SECO 30 MIN	87.770	1206.528
MS-B	SAT. Y SECO 60 MIN	71.004	917.311
MS-C	SAT. Y SECO 90 MIN	57.696	654.967
MS-D	SAT. Y SECO 120 MIN	43.231	841.677

Fuente propia

DE LA TABLA:

Se aprecia la tensión de rotura promedio (Kg/cm²) y el contenido de humedad (%) que tiene una relación inversa, por ejemplo:

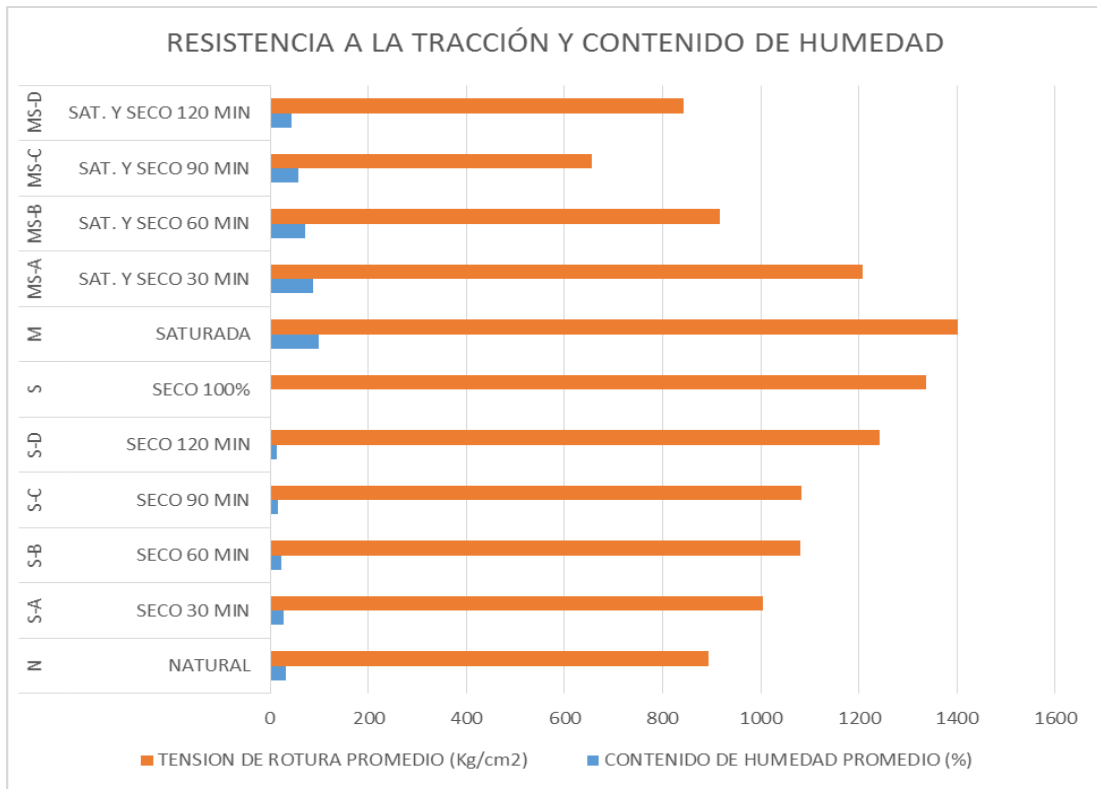
La probeta con el código N natural, con un contenido de humedad del 32.047% presenta una tensión de rotura de 894.271 Kg/cm² y la probeta con el código S-A seco 30 minutos, con un contenido de humedad de 27.319 % tendrá una tensión de rotura de 1004.190 Kg/cm² y esta será mayor a la anterior. *Demostrando que S-A seco 30 minutos tiene una mayor resistencia a la tracción que la probeta N natural.*

A excepción de la probeta con el código M saturada que, por estar contenida de agua en su totalidad colma las fibras, haciendo que una probeta con un contenido de humedad al 100% resista más que una seca al 100%. Por ejemplo:

La probeta con el código M saturada, con un contenido de humedad del 100% presenta una tensión de rotura de 1400.558 Kg/cm² y la probeta con el código S seco al 100% con un contenido de humedad de 0% tendrá una tensión de rotura de 1336.835 Kg/cm² y esta será menor a la anterior. *Demostrando que la probeta M saturada tiene una mejor resistencia a la tracción que la probeta S seco al 100%*

En la figura N° 69 se aprecian de manera general los datos obtenidos de la resistencia a la tracción y el contenido de humedad que se realizó a las probetas de Eucalipto Globulus, se muestra mediante una figura de barras para una mejor apreciación y visualización.

Figura N° 69: RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y CONTENIDO DE HUMEDAD



Fuente propia

4.1.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL ENSAYO DE DUREZA BRINELL

En la tabla N° 40 se muestra los resultados del ensayo de dureza Brinell de las probetas de madera de Eucalipto Globulus con diferentes humedades.

Tabla N° 40: RESULTADOS DE LA DUREZA BRINELL DE CADA PROBETA DE EUCALIPTO GLOBULUS A DIFERENTES HUMEDADES.

CÓDIGO	EVALUACIÓN	CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)	DUREZA BRINELL PROMEDIO (N/mm ²)
N	NATURAL	32.578	3.25
S-A	SECO 30 MIN	27.849	3.62
S-B	SECO 60 MIN	22.585	4.57
S-C	SECO 90 MIN	17.233	5.10
S-D	SECO 120 MIN	13.012	5.20
S	SECO 100%	0.000	5.99
M	SATURADA	102.142	6.48
MS-A	SAT. Y SECO 30 MIN	90.839	5.34
MS-B	SAT. Y SECO 60 MIN	70.416	4.09
MS-C	SAT. Y SECO 90 MIN	57.713	3.06
MS-D	SAT. Y SECO 120 MIN	41.537	2.85

Fuente propia

DE LA TABLA:

Se aprecia la dureza Brinell (N/mm²) y el contenido de humedad (%) que tiene una relación inversa, por ejemplo:

La probeta con el código N natural, con un contenido de humedad del 32.578% presenta una dureza Brinell de 3.25 N/mm² y la probeta con el código



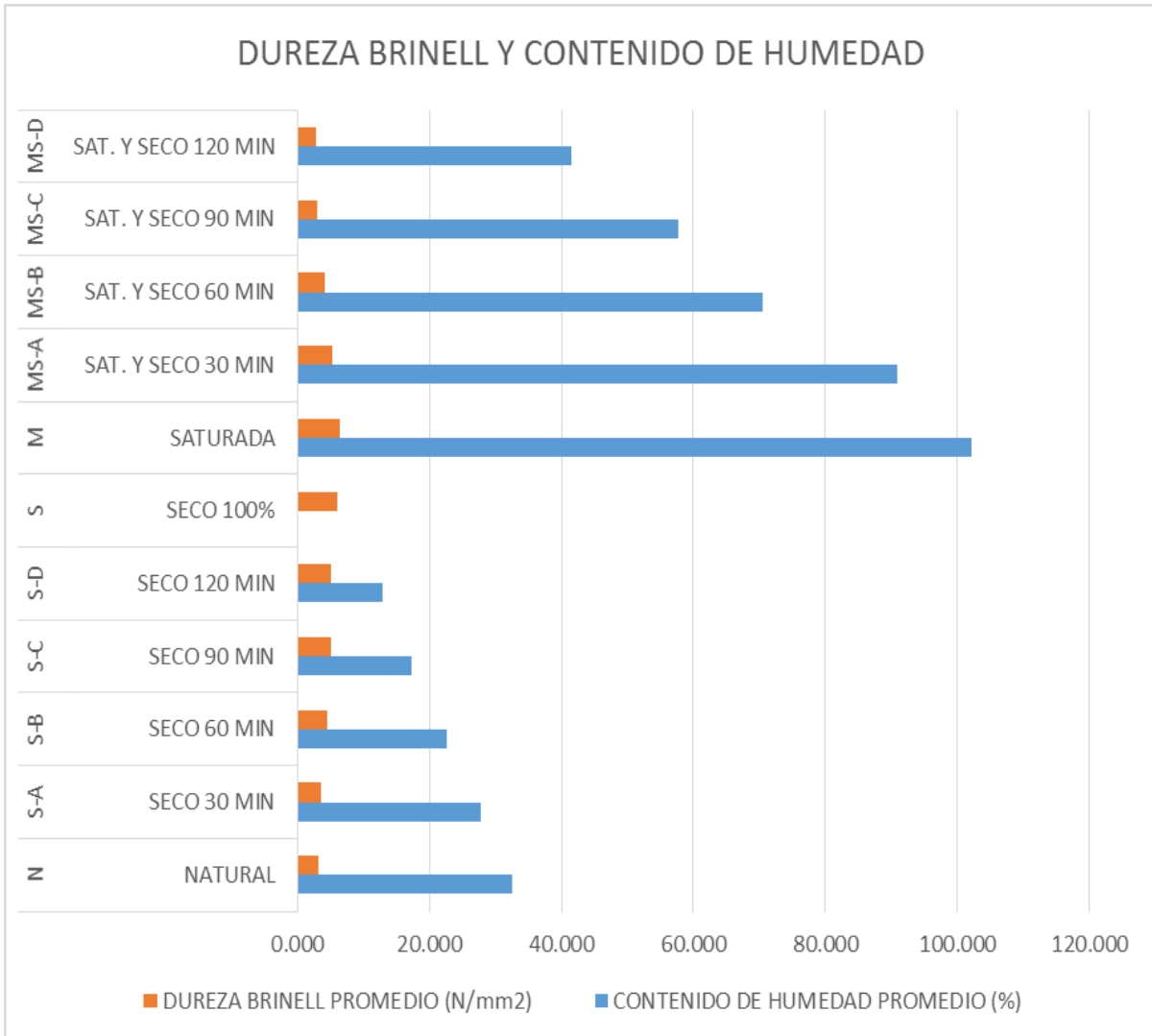
S-A seco 30 minutos, con un contenido de humedad de 27.849 % tendrá una dureza Brinell de 3.62 N/mm² y esta será mayor a la anterior. *Demostrando que S-A seco 30 minutos tiene una mayor Dureza Brinell que la probeta N natural.*

A excepción de la probeta con el código M saturada que, por estar contenida de agua en su totalidad colma las fibras, haciendo que una probeta con un contenido de humedad al 100% resista más que una seca al 100%. Por ejemplo:

La probeta con el código M saturada, con un contenido de humedad del 100% presenta una dureza Brinell de 6.48 N/mm² y la probeta con el código S seco al 100% con un contenido de humedad de 0% tendrá una dureza Brinell de 5.99 N/mm² y esta será menor a la anterior. *Demostrando que la probeta M saturada tiene una mayor Dureza Brinell que la probeta S seco al 100%.*

En la figura N° 70 se aprecia de manera general los datos obtenidos de la dureza Brinell y el contenido de humedad que se realizó a las probetas de Eucalipto Globulus mediante una figura de barras para una mejor apreciación y visualización.

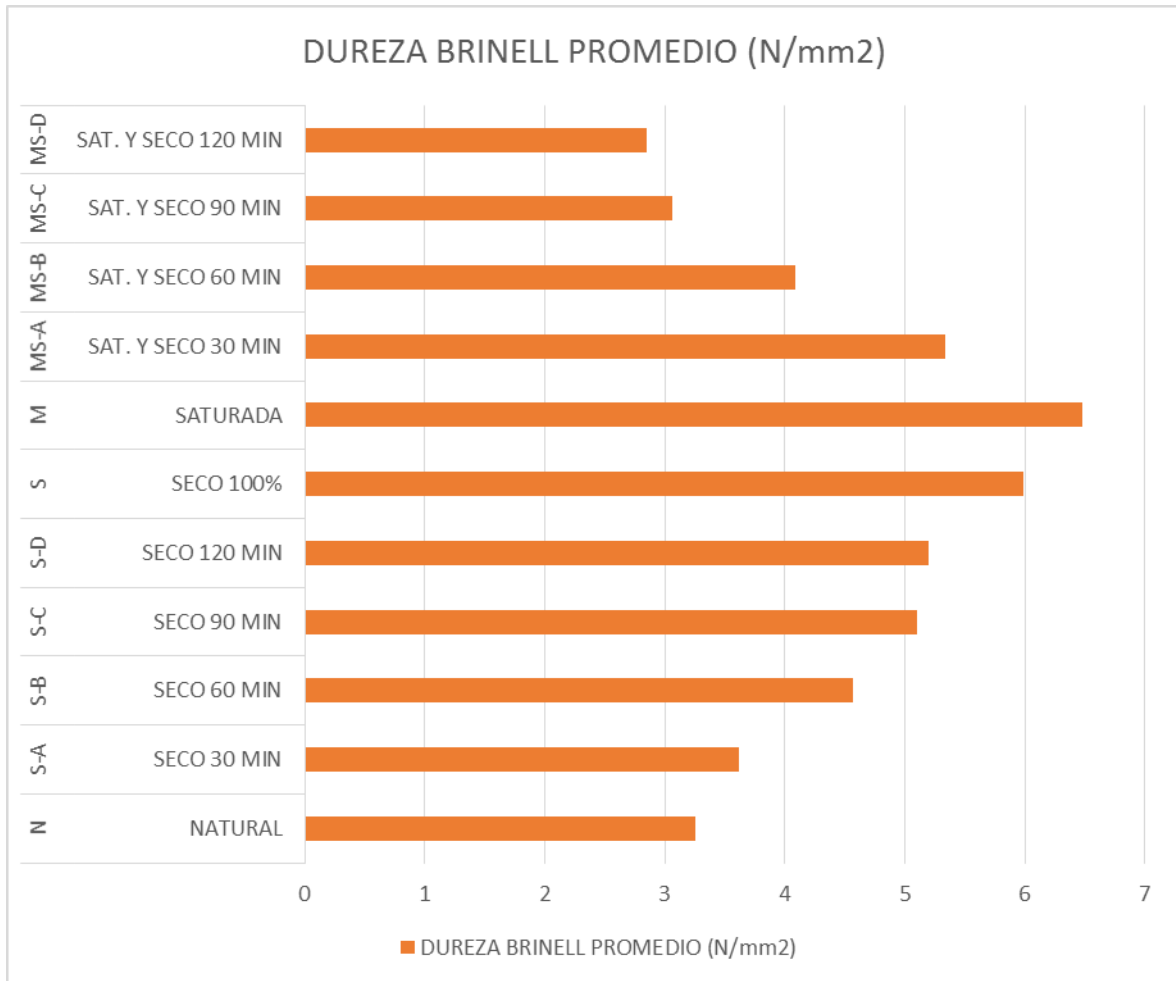
Figura N° 70: DUREZA BRINELL Y CONTENIDO DE HUMEDAD



Fuente propia

La figura N° 71 muestra los datos obtenidos de dureza Brinell, de la madera de Eucalipto Globulus, se tiene una figura de barras con una mayor escala a la anterior para una mejor visualización y apreciación.

Figura N° 71: DUREZA BRINELL



Fuente propia

4.1.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA RELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN Y LA DUREZA BRINELL.

En la tabla N° 41 se muestra los resultados del ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA y el ensayo de dureza Brinell de las probetas de madera de Eucalipto Globulus con diferentes humedades.

Tabla N° 41: RESULTADOS DE LA RELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN Y LA DUREZA BRINELL, DE CADA PROBETA DE EUCALIPTO GLOBULUS A DIFERENTES HUMEDADES.

CÓDIGO	ESFUERZO DE ROTURA PROMEDIO (Kg/cm ²)	DUREZA BRINELL PROMEDIO (Pa) DB x 1000
N	735.99	3,250.00
S-A	759.49	3,620.00
S-B	782.33	4,570.00
S-C	823.16	5,100.00
S-D	851.02	5,200.00
S	880.35	5,990.00
M	933.03	6,480.00
MS-A	788.13	5,340.00
MS-B	746.54	4,090.00
MS-C	657.05	3,060.00
MS-D	698.65	2,850.00

Fuente propia

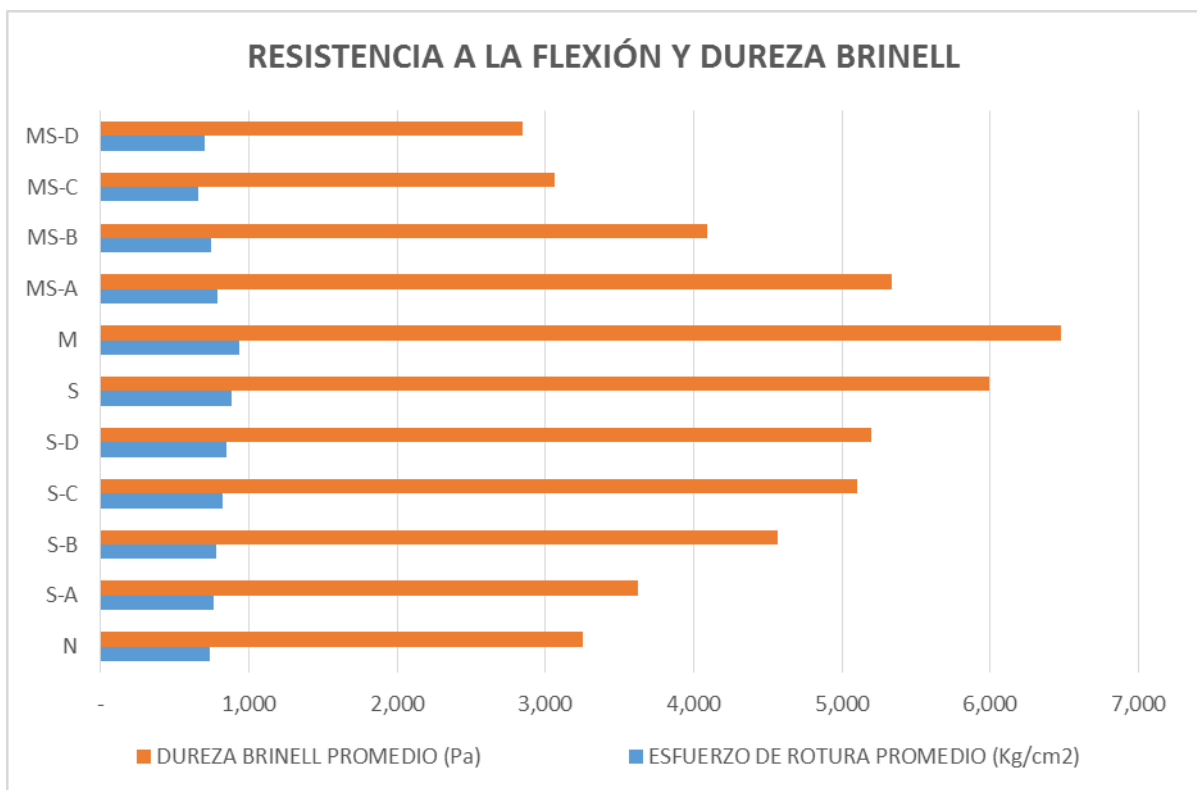
DE LA TABLA

Se afirma que a medida que la resistencia a la flexión aumente, la dureza Brinell irá en aumento, la probeta con el código N con un esfuerzo de rotura de 735.99 Kg/cm² tendrá una dureza Brinell de 3,250.00 Pa. Para la probeta S-A la con un esfuerzo de rotura de 759.49 Kg/cm² tendrá una dureza Brinell de 3,620.00 Pa.

La relación que ambas tienen es directa, mientras más dura sea la probeta desarrollara una mayor resistencia a la flexión.

En la figura N° 72 se aprecia de manera general los datos obtenidos de la resistencia a la flexión y la dureza Brinell que se realizó a las probetas de Eucalipto Globulus, las cuales se muestran mediante una figura de barras para una mejor apreciación y visualización. (Para una mejor visualización, la dureza Brinell se cambió de unidad de N/mm² a Pa)

Figura N° 72: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN Y DUREZA BRINELL



Fuente propia

4.1.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA RELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

En la tabla N° 42 se muestra los resultados del ensayo de tracción paralela al grano y de flexión estática de las probetas de madera de Eucalipto Globulus con diferentes humedades.

Tabla N° 42: RESULTADOS DE LA RELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE CADA PROBETA DE EUCALIPTO GLOBULUS A DIFERENTES HUMEDADES.

CÓDIGO	TENSIÓN DE ROTURA PROMEDIO (Kg/cm ²)	ESFUERZO DE ROTURA PROMEDIO (Kg/cm ²)
N	894.271	735.99
S-A	1004.190	759.49
S-B	1079.456	782.33
S-C	1082.325	823.16
S-D	1242.803	851.02
S	1336.835	880.35
M	1400.558	933.03
MS-A	1206.528	788.13
MS-B	917.311	746.54
MS-C	654.967	657.05
MS-D	841.677	698.65

Fuente propia

DE LA TABLA:

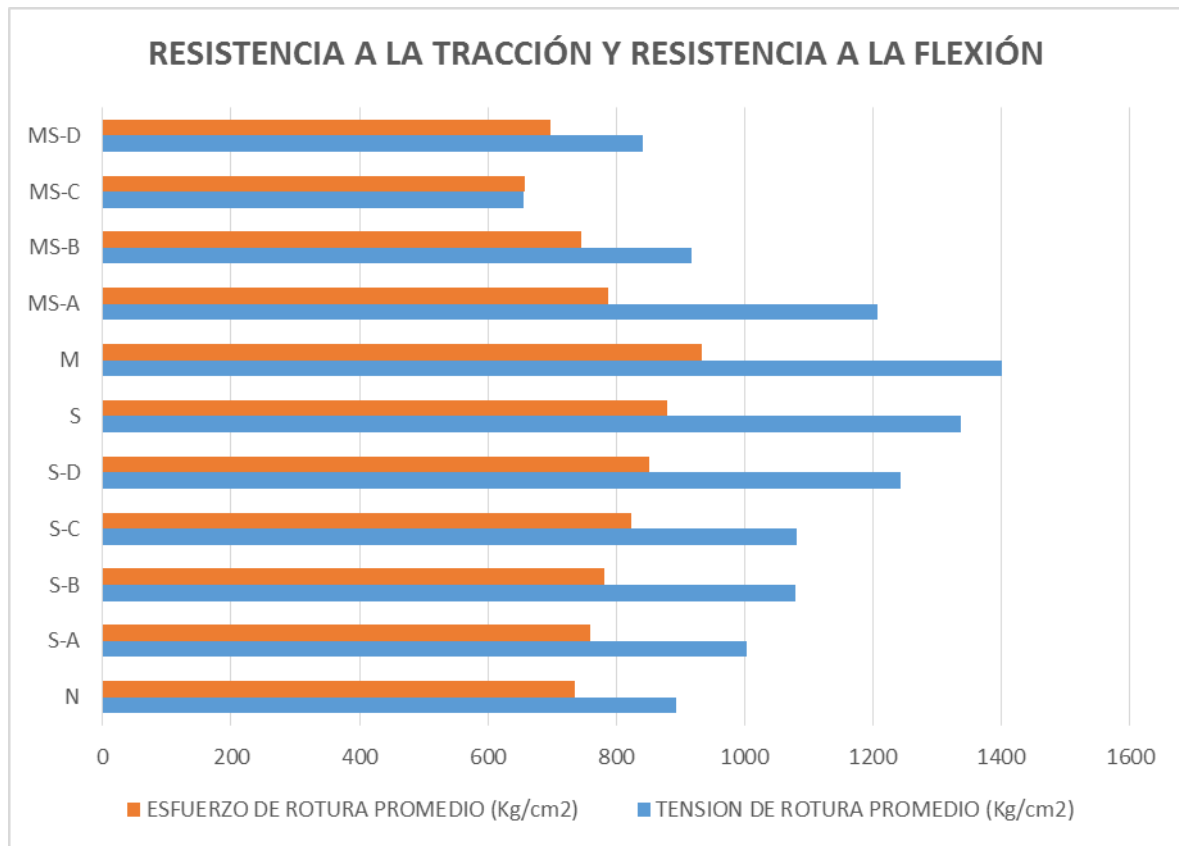
Se afirma que el esfuerzo de rotura está relacionado con la tensión de rotura de una manera directa, ya que a medida que una aumenta la otra también se incrementa.

La resistencia a la flexión es una combinación de la resistencia a la compresión con la resistencia a la tracción, por ende, esta última tendrá una estrecha relación con la resistencia a la flexión. Por ejemplo:

En la probeta con el código N presenta una tensión de rotura de 894.271 Kg/cm² y un esfuerzo de rotura de 735.99 Kg/cm² tiene una relación directa.

En la figura N° 73 se aprecia de manera general los datos obtenidos de la resistencia a la tracción y la resistencia a la flexión que se realizó a las probetas de Eucalipto Globulus a diferentes humedades, se muestran mediante una figura de barras para una mejor apreciación y visualización.

Figura N° 73: RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y RESISTENCIA A LA FLEXIÓN



Fuente propia

4.1.6. RESUMEN DE LOS ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se muestra en la tabla N° 43 de manera general los resultados de los ensayos que se realizaron a cada probeta de madera de Eucalipto Globulus con diferente humedad:

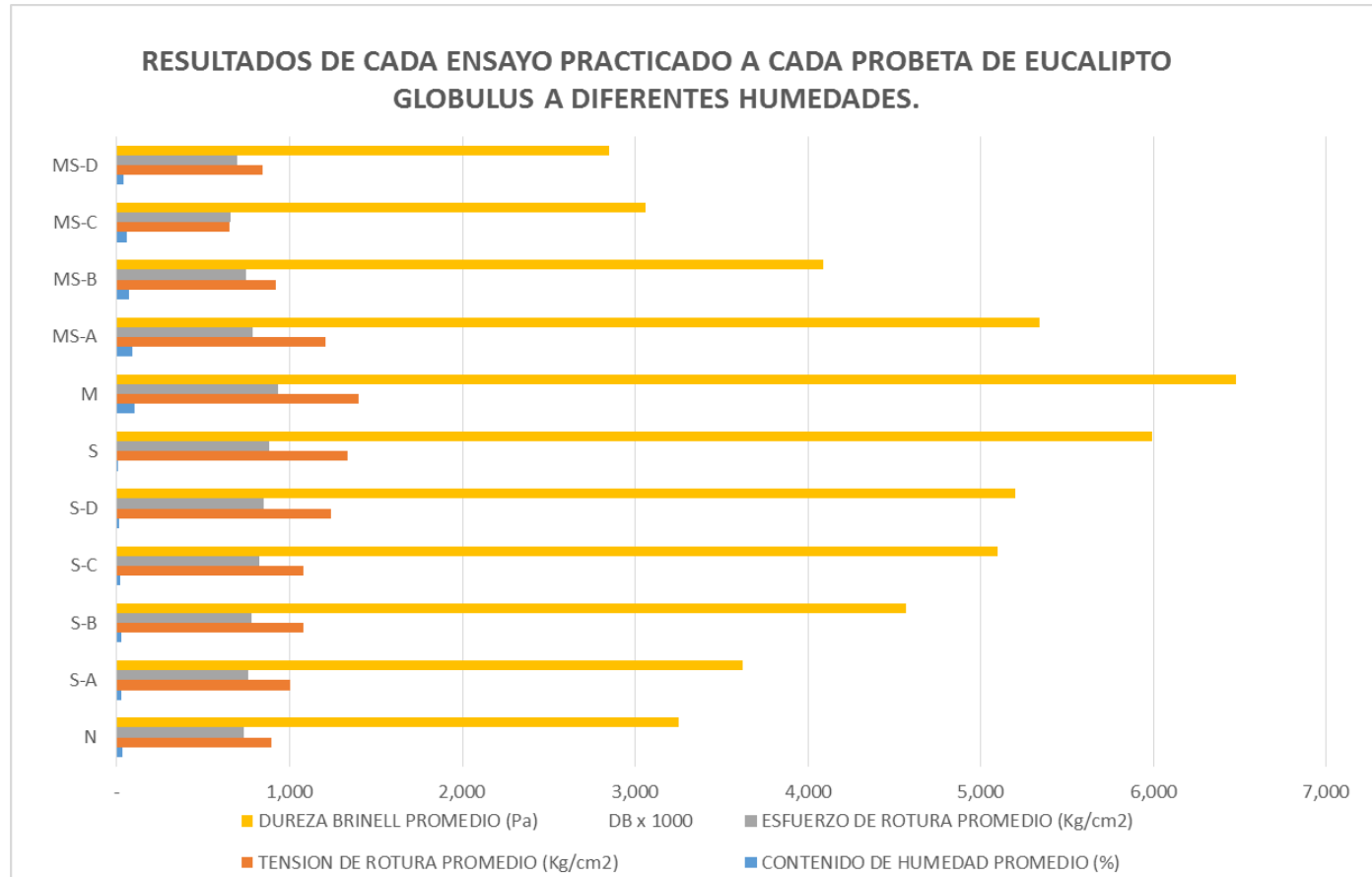
Tabla N° 43: RESULTADOS FINALES DE LOS ENSAYOS PRACTICADOS A CADA PROBETA DE EUCALIPTO GLOBULUS A DIFERENTES HUMEDADES.

CÓDIGO	CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)	TENSIÓN DE ROTURA PROMEDIO (Kg/cm ²)	ESFUERZO DE ROTURA PROMEDIO (Kg/cm ²)	DUREZA BRINELL PROMEDIO (Pa) DB x 1000
N	32.45	894.271	735.99	3,250.00
S-A	27.30	1004.190	759.49	3,620.00
S-B	22.80	1079.456	782.33	4,570.00
S-C	17.18	1082.325	823.16	5,100.00
S-D	12.72	1242.803	851.02	5,200.00
S	0.15	1336.835	880.35	5,990.00
M	100.87	1400.558	933.03	6,480.00
MS-A	88.69	1206.528	788.13	5,340.00
MS-B	72.08	917.311	746.54	4,090.00
MS-C	57.51	654.967	657.05	3,060.00
MS-D	41.49	841.677	698.65	2,850.00

Fuente propia

En la figura N° 74 se aprecia de manera general los resultados de cada ensayo que se realizó a las probetas de madera de Eucalipto Globulus mediante una figura de barras para una mejor apreciación y visualización. (Para una mejor visualización, la dureza Brinell se cambió de unidad de N/mm² a Pa)

Figura N° 74: RESULTADOS DE CADA ENSAYO PRACTICADO A CADA PROBETA DE EUCALIPTO GLOBULUS A DIFERENTES HUMEDADES.



Fuente propia

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

DISCUSIÓN

- ¿Por qué las probetas de Madera de Eucalipto Globulus deben estar libres de defectos?

Las probetas de Madera de Eucalipto Globulus deben estar libres de defectos propios e insectos xilófagos de acuerdo a la norma de clasificación visual según PATD REFORT, lo que nos garantizará la obtención de resultados satisfactorios.

- ¿Cuáles son los aportes más significativos de la tesis?
 - La madera de Eucalipto Globulus de la provincia de Acomayo con un contenido de humedad al 100% (M) presenta:
 - ❖ Resistencia a la flexión: 933.03 Kg/cm²
 - ❖ Resistencia a la tracción: 1400.558 Kg/cm²
 - ❖ Dureza Brinell: 6.48 N/mm²
 - La madera de Eucalipto Globulus de la provincia de Acomayo con un contenido de humedad al 50% (MS-C) presenta:
 - ❖ Resistencia a la flexión: 657.05 Kg/cm²
 - ❖ Resistencia a la tracción: 654.967 Kg/cm²
 - ❖ Dureza Brinell: 3.06 N/mm²
 - La madera de Eucalipto Globulus de la provincia de Acomayo con un contenido de humedad de 0% (S) presenta:
 - ❖ Resistencia a la flexión: 880.35 Kg/cm²
 - ❖ Resistencia a la tracción: 1336.835 Kg/cm²
 - ❖ Dureza Brinell: 5.99 N/mm²



- La madera de Eucalipto Globulus de la provincia de Acomayo presenta una falla paulatina a la aplicación de la fuerza para probetas con un contenido de humedad mayor; caso contrario sucede cuando el contenido de humedad es menor. En el ensayo de flexión, la probeta S (seco 100 %) presenta una falla explosiva, debido a que la madera cuando se encuentra en estado seco, es más frágil y sus cavidades celulares contienen aire en lugar de agua. La madera seca al aplicarle un esfuerzo no presenta una falla visible de la zona comprimida si no que ocurre directamente la falla por tracción.
 - Luego de la saturación de la madera de Eucalipto Globulus de la provincia de Acomayo, se observó una gran capacidad de absorción, siendo verificada en el hinchamiento modificando así sus dimensiones radiales y tangenciales mas no longitudinales
 - Para la madera de Eucalipto Globulus de la provincia de Acomayo después de haber sido sometido a un proceso de secado al horno, esta sufre variaciones considerables en todas sus dimensiones.
- ¿Por qué las probetas de Madera de Eucalipto Globulus tienen buena resistencia a la flexión, mediante la aplicación de carga, a velocidad constante, hasta alcanzar la rotura de la probeta de Madera de Eucalipto Globulus?

La Madera de Eucalipto Globulus tiene la propiedad de ser doblada o ser curvada en su sentido longitudinal, sin romperse. Si son elásticas recuperan su forma primitiva cuando cesa la fuerza que las ha deformado.

La Madera de Eucalipto Globulus de la provincia de Acomayo presenta especial aptitud para sobrepasar su límite de elasticidad por flexión sin que se produzca rotura inmediata, siendo esta una propiedad que la hace útil para la curvatura. La madera húmeda es más flexible que la seca tiene mayor límite de deformación. Se puede apreciar en la tabla N° 31 los módulos de elasticidad para cada humedad.

Tabla N° 44: MÓDULO DE ELASTICIDAD PARA CADA PROBETA CON
DIFERENTE CONTENIDO DE HUMEDAD

CÓDIGO	EVALUACIÓN	CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)	MÓDULO DE ELASTICIDAD PROMEDIO (kg/cm ²)
N	NATURAL	32.74	70,805.93
S-A	SECO 30 MIN	26.74	78,385.95
S-B	SECO 60 MIN	22.98	85,756.97
S-C	SECO 90 MIN	17.95	90,895.73
S-D	SECO 120 MIN	12.80	93,726.87
S	SECO 100%	0.05	100,415.45
M	SATURADA	100.70	111,038.17
MS-A	SAT. Y SECO 30 MIN	87.45	88,766.00
MS-B	SAT. Y SECO 60 MIN	74.83	56,919.26
MS-C	SAT. Y SECO 90 MIN	57.13	43,558.37
MS-D	SAT. Y SECO 120 MIN	39.71	59,677.78

Fuente propia

- ¿Por qué las probetas de madera de Eucalipto Globulus tienen buena resistencia, a la tracción, mediante la aplicación de carga, a velocidad constante, hasta alcanzar la rotura de la probeta de Madera de Eucalipto Globulus?

La Madera de Eucalipto Globulus es un material muy indicado para trabajar a tracción (en la dirección de las fibras), viéndose limitado su uso únicamente por la dificultad de transmitir estos esfuerzos a las piezas. Esto significa que en las piezas sometidas a tracción los problemas aparecerán en las uniones.

La resistencia a la tracción de La Madera de Eucalipto Globulus presenta valores elevados, como se muestra en la tabla N° 39 (tabla de resultados tracción)



- ¿Por qué la madera cuando está saturada al 100% tiene una mayor resistencia que la seca al 100%?

El punto de saturación de la madera se encuentra entre el 30% a 40% y una vez superada este punto, las propiedades de la madera suelen modificarse ya que las partículas de la madera que en un inicio contenían aire son ocupadas por el agua y estas tienen una mayor densidad, al momento de someterlas a algún esfuerzo o carga estas partículas llenas podrán tener una mayor resistencia que las partículas ocupadas por aire. Es por ello que la resistencia de una madera saturada en un 100% va a tener una mayor o similar resistencia a la de una madera 100% seca.

- ¿Por qué en la construcción de edificaciones de madera de Eucalipto Glóbulus, se deben cumplir solicitudes requeridas en base a cargas aplicadas, siguiendo normativas establecidas?

En la construcción de edificaciones de madera de Eucalipto Glóbulus, se deben cumplir las solicitudes requeridas obligatoriamente, para garantizar la resistencia y rigidez esperada.

Las estructuras de madera, deben diseñarse para soportar las cargas provenientes de:

- ❖ Peso propio y otras cargas permanentes o cargas muertas, considerando un estimado apropiado de la densidad del material e incluyendo las cargas provenientes de otros componentes de la edificación, estructural o no.
- ❖ Sobrecargas de Servicio o cargas vivas, es decir, todas aquellas cargas que no forman parte del peso propio de la edificación pero que la estructura está destinada a resistir.
- ❖ Sobrecargas de sismos, vientos nieve y temperatura, estas deben considerarse de acuerdo a los reglamentos y códigos vigentes en la zona de ubicación de la construcción.



- ¿Por qué los elementos estructurales, de madera de Eucalipto Glóbulus tales como vigas y viguetas en una edificación, presentan comportamientos diferentes de acuerdo a su contenido de humedad?

El comportamiento de los elementos estructurales es variado de acuerdo al contenido de humedad que poseen, el CH es responsable de alteración de las propiedades tanto físicas como mecánicas ya que están intrínsecamente ligadas. La estabilidad dimensional y la resistencia mecánica se incrementan al realizar el secado de la madera, así mismo se elimina gran parte de su humedad y por lo tanto se reduce su peso. El punto de saturación de la fibra (PSF) se puede considerar igual al 30% de contenido de humedad. Bajo este punto la resistencia mecánica de la madera aumenta progresiva y significativamente. La madera con un contenido de humedad del 12% o menor, se volverá aproximadamente un 33% más resistente que la madera verde. Sin embargo, para ser utilizada como material de construcción, y específicamente con fines estructurales, el contenido de humedad debe ser inferior al 15%.



GLOSARIO

GLOSARIO DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **Albura:** Capa de madera suave que se encuentra inmediatamente después de la corteza. Generalmente es de color blanquecino, fisiológicamente activa y está ubicada entre el duramen y la corteza.
- **Anillo de crecimiento:** Son capas concéntricas de crecimiento observables en la sección transversal de la madera. Son totalmente definidos en especies maderables que crecen en climas templados y poco marcados o a veces no diferenciados en especies tropicales.
- **Anisotropía:** Son los cambios dimensionales observados en la madera y varía en cada una de las tres direcciones (longitudinal, tangencial y radial).
- **Carga en el límite proporcional (ELP):** Es el valor de la carga correspondiente al límite proporcional.
- **Cizallamiento:** Es la propiedad de un material de resistir a esfuerzos que tienden a seccionarlos en determinado plano por ejemplo en la dirección paralela a las fibras. Es la resistencia que ofrece la madera a fuerzas paralelas de sentido opuesto que tiende a causar que una porción de ella se mueva con respecto a la otra; el esfuerzo de corte es resistido básicamente por la sustancia cementante, es decir, la lignina.
- **Compresión paralela:** La madera presenta gran resistencia a los esfuerzos de compresión paralela a sus fibras, esta proviene del hecho de que las fibras están orientadas en su eje longitudinal en esa dirección y que a su vez coincide, o está muy cerca de la orientación de las microfibrillas que constituyen la capa media de la pared celular. La resistencia a la compresión paralela es aproximadamente la mitad de su resistencia a la tracción.
- **Compresión perpendicular:** Bajo este tipo de carga las fibras están sometidas a un esfuerzo perpendicular a su eje y que tiende a comprimir



las pequeñas cavidades contenidas en ellas esto permite que se pueda cargar la madera sin que ocurra una falla claramente distinguible. Al incrementarse la magnitud de la carga la pieza se va comprimiendo (aplastando los pequeños cilindros que se asemejan las fibras), aumentando su densidad y también su misma capacidad para resistir mayor carga. La resistencia está caracterizada por el esfuerzo al límite proporcional. Este varía entre $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{5}$ del esfuerzo al límite proporcional en compresión paralela.

- **Contenido de humedad:** Es la cantidad de agua contenida en la madera; se expresa como porcentaje de su masa anhidra.
- **Contenido de humedad en equilibrio:** Es aquel contenido de humedad en la cual la madera está en equilibrio con el medio ambiente circundante.
- **Defecto o singularidad:** Cualquier irregularidad de la madera que afecta las propiedades físicas, mecánicas y/o químicas, determinando generalmente una limitación en su uso o aplicaciones.
- **Deformabilidad:** Es la capacidad de la madera de cambiar sus dimensiones y forma bajo la acción de las fuerzas.
- **Deformación elástica:** Propiedad de la madera de deformarse bajo la acción de una fuerza y regresar a su forma original al cesar la fuerza que la original.
- **Deformación permanente o plástica:** Deformación no recuperable pese a cesar las fuerzas que la originan.
- **Densidad básica:** Es aquel peso específico que expresa la relación entre la masa anhidra de una pieza de madera y su volumen verde (Vv), multiplicado por la densidad del agua, se expresa en g/cm³.
- **Desgaste:** Es la pérdida de sección de una pieza de madera debida al efecto erosivo de algún agente atmosférico como el viento (erosión eólica), lluvia (erosión hídrica). El desgaste es mayor en la sección



transversal, menor en la sección tangencial y muy pequeña en la sección radial.

- **Duramen:** Leño biológicamente inactivo y que generalmente se diferencia de la albura por su color más oscuro. Puede estar infiltrado por formas, resinas y otros materiales que lo hacen más oscuro y más resistente a los ataques de los microorganismos. Se encuentra localizado en el centro del árbol, entre la médula y la albura.
- **Dureza:** La dureza de la madera es la resistencia que opone al desgaste, rayado, clavado, etc. Depende de su densidad, edad, estructura y si se trabaja en sentido de sus fibras o en el perpendicular. Cuanto más vieja y dura sea, mayor la resistencia que opone. La madera de duramen tiene mayor resistencia que la de albura: la crecida lentamente obtiene una mayor resistencia que la madera que crece de prisa.
- **Esfuerzo:** Es la fuerza interna (reacción a la carga exterior) medida por unidad de superficie.
- **Esfuerzo al límite proporcional:** Es el esfuerzo unitario máximo que puede desarrollarse sin causar una desviación de la ley de proporcionalidad entre el esfuerzo unitario y la deformación unitaria.
- **Fatiga de un material:** Es la consecuencia de la repetición de un esfuerzo que genera una tensión que soporta sin romperse y provocada por una carga cuya magnitud varía un número infinito de veces.
- **Flexión estática:** La diferencia entre la resistencia a la tracción y a la compresión paralela resulta en un comportamiento característico de las vigas de flexión; como la resistencia a la compresión es menor que a la tracción, la madera falla primero en la zona de compresión, con ello se incrementan las deformaciones en la zona comprimida, el eje neutro se desplaza hacia la zona de tracción, lo que a su vez hace aumentar



rápidamente las deformaciones totales, finalmente la pieza se rompe por tracción.

- **Grano:** Se refiere a la dirección, tamaño, arreglo, apariencia o calidad de las fibras de madera. Cuando se usa con adjetivos calificativos, tienen significados especiales relativos a la dirección de las fibras o a la dirección y tamaño de los anillos de crecimiento; por ejemplo, a través del grano, a lo largo del grano.
- **Grano recto:** Es la disposición de las fibras y demás elementos longitudinales dispuestos paralelos al eje de la pieza.
- **Hendibilidad:** Es la facilidad de la madera a separarse en el sentido de las fibras al vencer con un elemento de corte la fuerza de cohesión de los elementos constitutivos.
- **Intemperismo:** Es la desintegración física, química, mecánica y decoloración de la madera expuesta a agentes atmosféricos.
- **Módulo de rotura (MOR):** Es el esfuerzo mayoritario máximo provocado en una probeta de madera en el momento de su rotura. Es el máximo esfuerzo de la fibra en flexión calculado a partir del momento máximo de flexión sobre la base de distribución del esfuerzo asumido.
- **Módulo de elasticidad (MOE):** Es la relación entre el esfuerzo por unidad de superficie sobre la deformación por unidad de longitud, constituyendo una medida de rigidez o flexibilidad de la madera. Cuanto más alto sea su valor mayor será su rigidez. Es el valor numérico de la relación constante del esfuerzo unitario a la deformación unitaria dentro del campo de las deformaciones elásticas. Mide el valor de la deformación.
- **Nudos:** Son las bases de las ramas encerradas entre la madera del tronco.
- **Parénquima:** Células de longitud menor que se orientan en sentido radial, de la corteza hacia la medula, conformando los radios medulares.



- **Plasticidad:** Es la capacidad de soportar una carga y experimentar una deformación permanente, esta es una cualidad muy útil en ebanistería
- **Poros:** Término de conveniencia para la sección transversal de un vaso o de una traqueada vascular, tomando el aspecto de pequeños agujeros. Observables en la sección transversal de la madera.
- **Porosidad:** Característica determinada por el tamaño, así como la forma en que se encuentran distribuidos los poros dentro de los anillos de crecimiento.
- **Peso específico aparente:** Es la relación entre la masa y el volumen de la madera a un contenido de humedad determinado.
- **Propiedades mecánicas:** Las propiedades mecánicas de la madera miden su aptitud o capacidad para resistir cargas o fuerzas externas.
- **Radios o líneas horizontales:** Constituido por tejido parenquimatoso, se orientan en forma perpendicular al eje del árbol semejante a una cinta. Se observa en la sección transversal, la altura se observa en la sección radial y en la sección tangencial conforma jaspes característicos.
- **Textura:** Característica dada por la distribución, proporción y tamaño y tamaño relativo de los elementos leñosos (poro, parénquima y fibras), tiene importancia en el acabado de la madera son de tres tipos: gruesa, media y fina.
- **Tracción perpendicular:** La resistencia a la tracción perpendicular a las fibras es aproximadamente dos veces la resistencia a la compresión paralela. La resistencia a la tracción perpendicular es afectada significativamente por la inclinación al grano.
- **Torsión:** Es la resistencia a la deformación que opone una pieza de madera que tiene un extremo fijo y experimenta un giro normal a su eje, debido a una fuerza que obra con un brazo de palanca en su extremo libre.



- **Vasos:** Son elementos de conducción, constituidos por células articuladas y que forman una estructura tubular.

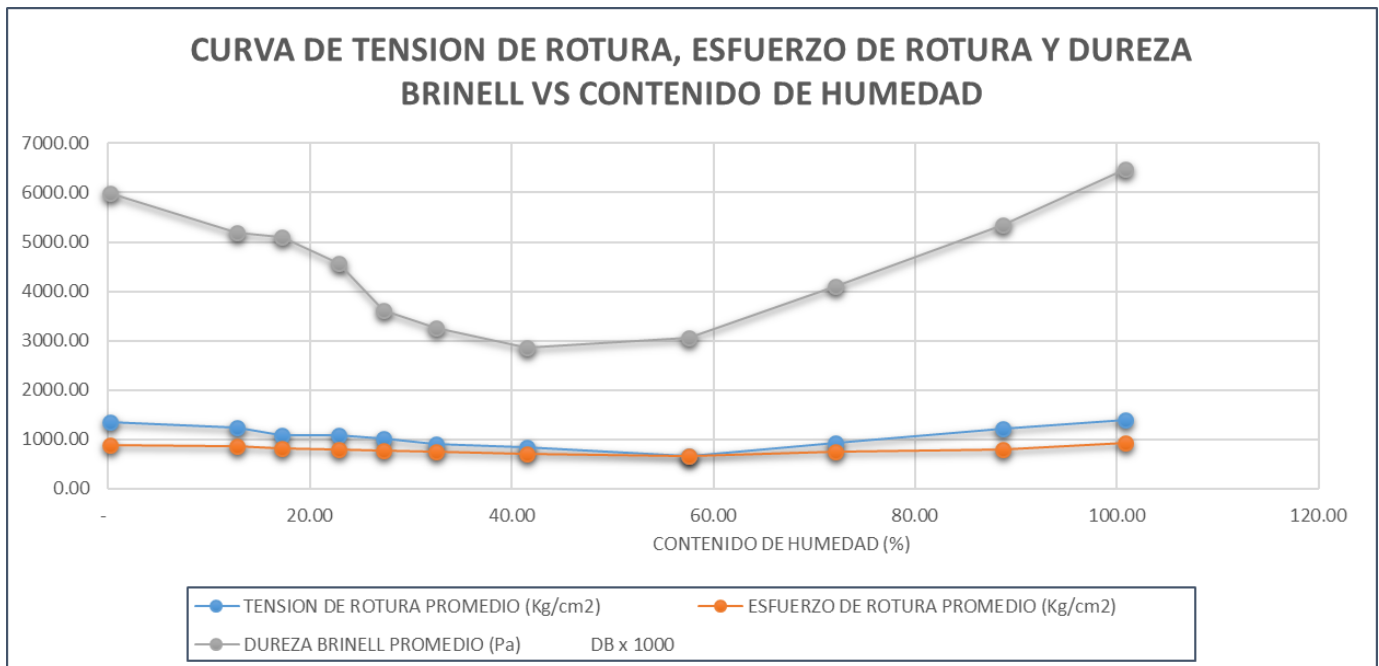
Fuente. NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 251.001.2003. Terminología. INDECOPI.

CONCLUSIONES

CONCLUSIÓN N° 1

No se logró demostrar la Hipótesis general que indica: “*La madera de Eucalipto Globulus de la provincia de Acomayo, cuanto menor contenido de humedad presente, tendrá una mejor resistencia para la aplicación en elementos sometidos a esfuerzos de flexión*”. Debido a que la madera Eucalipto Globulus de la provincia de Acomayo presenta un comportamiento diferente cuando es evaluada a partir del material seco respecto al material saturado presentándose en la mayoría de los casos una relación inversa cuando la condición inicial de evaluación es la madera en estado natural y una relación directa cuando se evalúa la madera partiendo de un estado saturado como se muestra en la tabla figura N° 75; observando un caso atípico cuando la madera tiene un contenido de humedad de 41.49 %

Figura N° 75: CURVA DE RESULTADOS DE LA RESISTENCIA DE LA MADERA VS CONTENIDO DE HUMEDAD.

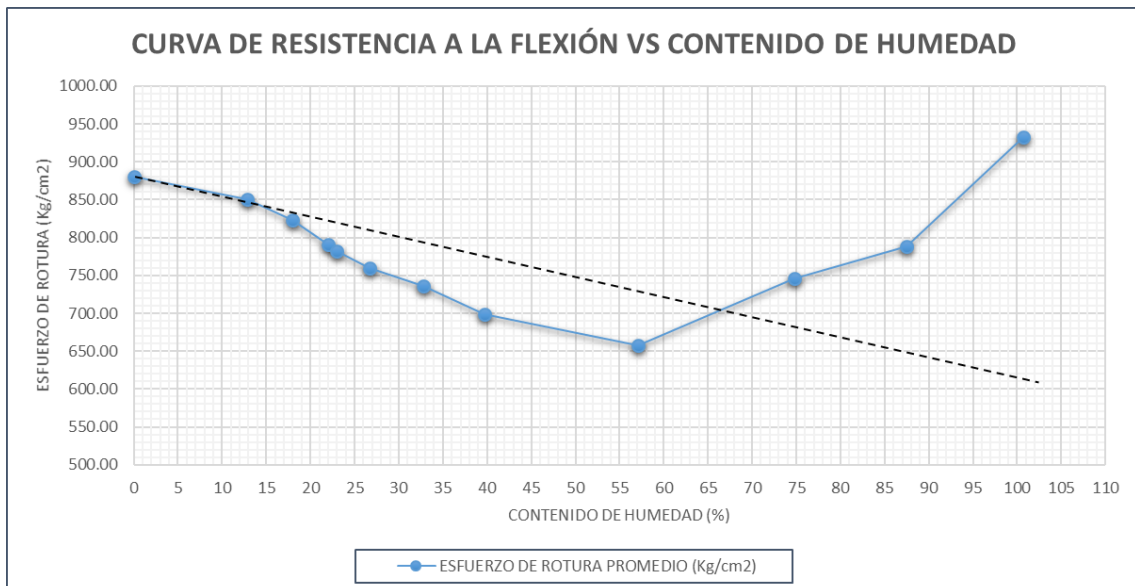


Fuente propia

CONCLUSIÓN N° 2

No se logró demostrar la Sub Hipótesis N° 1 que indica: “*La madera de Eucalipto Globulus de la provincia de Acomayo, cuanto menor sea el contenido de humedad, tendrá una mayor resistencia a la flexión para la aplicación en elementos sometidos a esfuerzos de flexión*”. Debido a que la relación inversa se cumple cuando la madera está en estado seco, sin embargo, cuando está saturada no presenta este comportamiento como se observa en la tabla N° 38 y la figura N° 76

Figura N° 76: CURVA DE RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE LA MADERA VS CONTENIDO DE HUMEDAD.



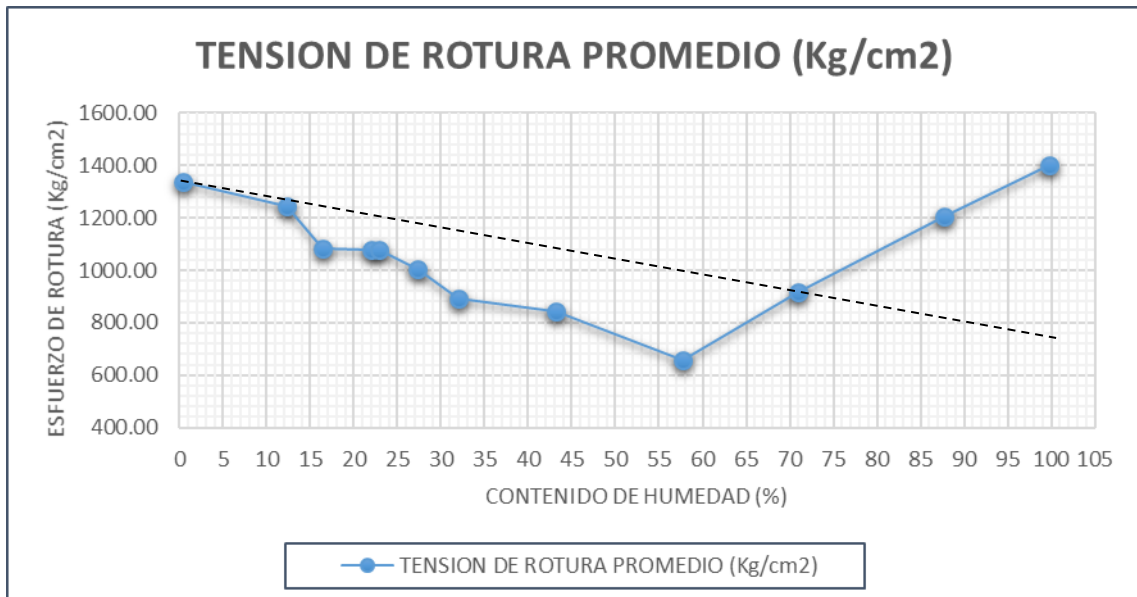
Fuente propia

CONCLUSIÓN N° 3

No se logró verificar la Sub Hipótesis N° 2 que indica: “*La madera de Eucalipto Globulus de la provincia de Acomayo, cuanto menor sea el contenido de humedad tendrá una mayor resistencia a la tracción para la aplicación en elementos sometidos a esfuerzos de flexión*.” Debido a que se muestra en estado saturado no cumple esta relación inversa observándose figura N° 77 que probetas saturadas y posteriormente secadas a 15, 30, 45 y 60 minutos, a

menor contenido de humedad menor resistencia a la tracción; mientras que, para probetas secas a menor contenido de humedad, mayor resistencia a la tracción considerando que la madera es Eucalipto Globulus de la provincia de Acomayo.

Figura N° 77: CURVA DE RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE LA MADERA VS CONTENIDO DE HUMEDAD.

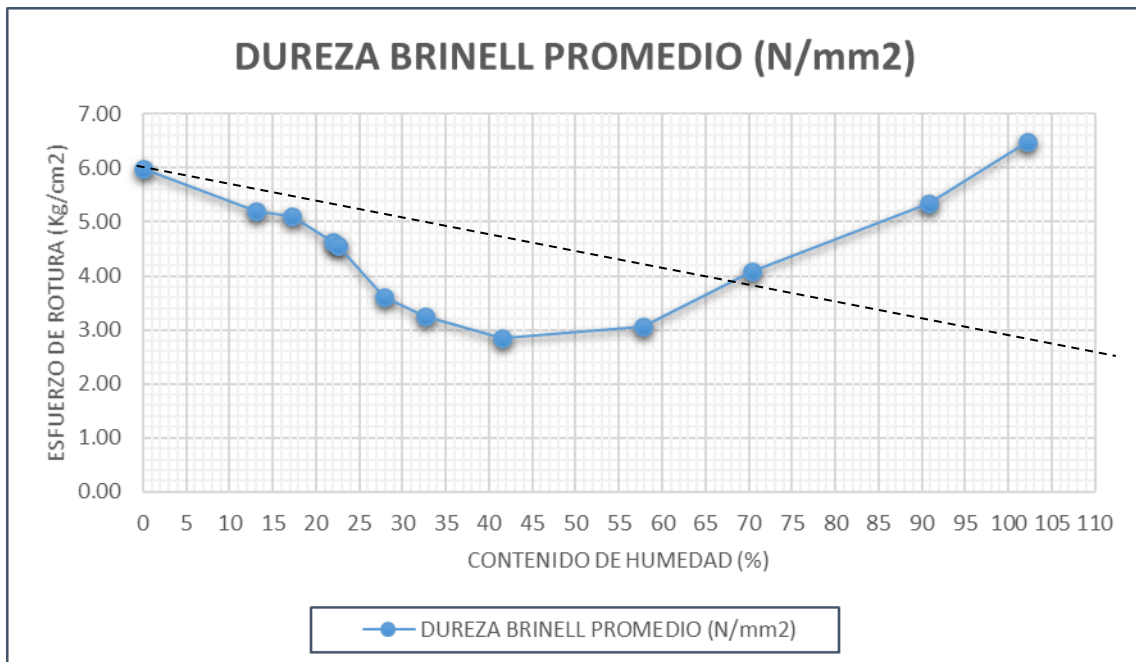


Fuente propia

CONCLUSIÓN N° 4

No se logró demostrar la Sub Hipótesis N° 3 que indica: “La madera de Eucalipto Globulus de la provincia de Acomayo cuanto menor sea el contenido de humedad, tendrá una mayor dureza Brinell para la aplicación en elementos sometidos a esfuerzos de flexión.” Tal como se muestra en la figura N° 78 en la cual se muestra claramente que hay dos tipos de relación para el contenido de humedad y dureza Brinell en la madera de Eucalipto Globulus de la provincia de Acomayo, siendo una relación inversa para la madera en estado seco y una relación directa para la madera saturada y luego secada.

Figura N° 78: CURVA DE RESULTADOS DE DUREZA BRINELL DE LA MADERA VS CONTENIDO DE HUMEDAD.

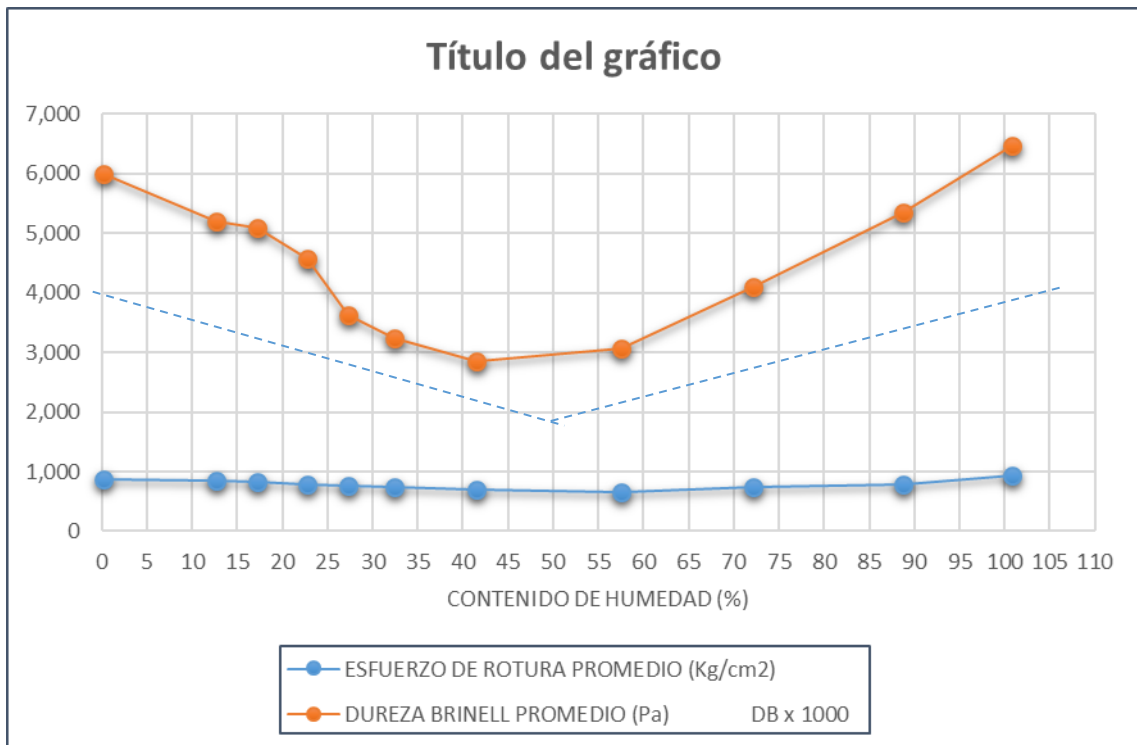


Fuente propia

CONCLUSIÓN N° 5

Se logró demostrar la Sub Hipótesis N° 4 que indica: “La dureza Brinell de la madera de Eucalipto Globulus de la provincia de Acomayo, tendrá una relación directa con la resistencia a la flexión para la aplicación en elementos sometidos a esfuerzos de flexión”. Se observa en la figura N° 79 que si el esfuerzo de flexión se incrementa la dureza Brinell también y en los casos que el esfuerzo disminuye paulatinamente lo mismo sucede con la dureza Brinell para la madera de Eucalipto Globulus de la provincia de Acomayo.

Figura N° 79: CURVA DE RESULTADOS DE DUREZA BRINELL VS RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE LA MADERA.

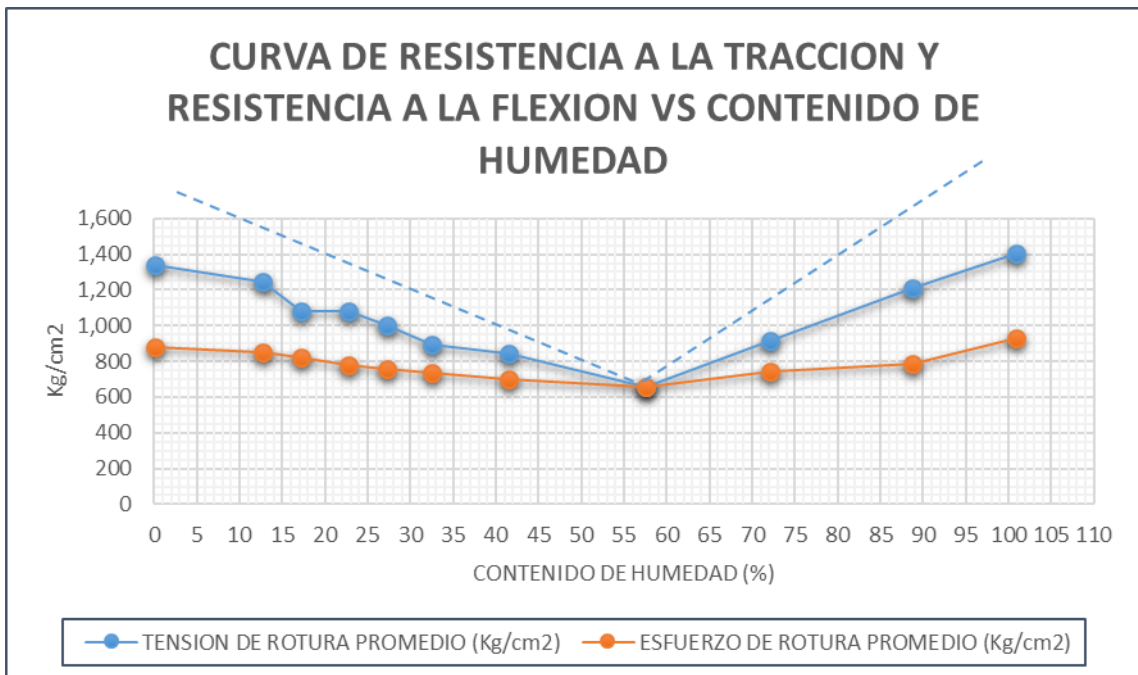


Fuente propia

CONCLUSIÓN N° 6

No se logró demostrar la Sub Hipótesis N° 5 que indica: “La resistencia a la tracción de la madera de *Eucalipto Globulus* de la provincia de Acomayo, guardara una relación inversa con la resistencia a la flexión de la misma para la aplicación en elementos sometidos a esfuerzos de flexión.” Debido que al trabajar con la probeta con un contenido de humedad de 39.01 % se presenta un esfuerzo a flexión que no obedece a la curva descendente tal y como se muestra en la figura N° 80.

Figura N° 80: CURVA DE RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE LA MADERA VS RESISTENCIA A LA TRACCIÓN.



RECOMENDACIONES

RECOMENDACIÓN N° 1

Se recomienda hacer un estudio técnico sobre las diferentes especies maderables existentes en la Región del Cusco.

RECOMENDACIÓN N° 2

Se recomienda que la Madera de Eucalipto Globulus a utilizar cumpla con los requisitos de la Clasificación Visual por Defectos para Madera Estructural. La finalidad de la clasificación por defectos es limitar la presencia, tipo, forma, tamaño, ubicación de los mismos para obtener piezas de madera con características mínimas garantizadas. Lo que implica una selección o verificación de las tolerancias por personal humano entrado y eventualmente certificado oficialmente siguiendo una comprobación visual. Para lo cual se cuenta con un manual de clasificación visual editado por el PADT-REFORT.

RECOMENDACIÓN N° 3

Se recomienda tener cuidado en los procesos de fabricación dentro de todas las fases de producción de las vigas respecto al contenido de humedad de la Madera de Eucalipto Globulus de la provincia de Acomayo.

RECOMENDACIÓN N° 4

Compartir información técnica sobre maderas de la zona, a fin de sacar mayor provecho de los puntos buenos, que ya se conocen y fortalecer los puntos débiles, intercambiando los métodos de fabricación que mejore los resultados.

- Incrementar la investigación sobre este tema, considerando que en nuestra ciudad del Cusco tenemos disponibilidad de este material como es la Madera de Eucalipto Globulus, que presenta buen nivel de correlación entre todas y cada una de sus propiedades mecánicas.
- Crear o establecer parámetros de resistencia para unidades estructurales de Madera de Eucalipto Globulus más estrictos, que permitan una evaluación y clasificación más precisa.

**RECOMENDACIÓN N° 5**

Se recomienda que la Universidad Andina del Cusco adquiera información normativa ASTM para reglamentar el desarrollo de los ensayos en cuanto a investigaciones de madera, debido a que estas normas americanas brindan información amplia y detallada.

RECOMENDACIÓN N° 6

Se recomienda la adquisición de Normas Técnicas Peruanas de INACAL, Instituto Nacional de Calidad.

RECOMENDACIÓN N° 7

Se recomienda a la Universidad Andina del Cusco la adquisición de equipos, capaces de registrar lecturas electrónicas para la obtención de datos exactos y la facilitación de las lecturas de los ensayos.

RECOMENDACIÓN N° 8

Se recomienda a la Universidad Andina del Cusco la adquisición de equipos dinámicos, para el estudio de dureza de la madera, debido a que estos equipos brindan información instantánea (rebote), minimizando los tiempos y facilitando lecturas exactas.

RECOMENDACIÓN N° 9

Se recomienda el uso del manual de diseño para maderas del Grupo Andino PADT REFORT ya que es de base fundamental para cualquier tipo de investigación referente a madera.

RECOMENDACIÓN N° 10

Se recomienda hacer uso de un secador eléctrico, para evitar la ganancia o pérdida de humedad con el medio ambiente debido a que la madera es un material higroscópico por naturaleza.

**RECOMENDACIÓN N° 11**

Se recomienda que la persona encargada de la elaboración de las probetas, sea personal entrado y eventualmente certificado oficialmente, con conocimientos previos en cuanto los diferentes cortes o ejes que posee la madera.

RECOMENDACIÓN N° 12

Se recomienda hacer un estudio técnico sobre los diferentes sistemas estructurales en los que se ubique la de Madera de Eucalipto Globulus; o grupos de maderas que desee utilizarse.

RECOMENDACIÓN N° 13

Se recomienda realizar un estudio de la composición química de la madera de Eucalipto Globulus para poder analizar el comportamiento que presenta esta al saturarla.

RECOMENDACIÓN N° 14

Se recomienda como tema de estudio realizar una comparación entre elementos de madera con fallas visibles y elementos en buenas condiciones para observar la alta influencia en sus propiedades resistentes.

RECOMENDACIÓN N° 15

Se recomienda como tema de estudio realizar una investigación realizando ensayos a escala natural.

RECOMENDACIÓN N° 16

Se recomienda como tema de estudio realizar ensayos de corte, compresión paralela, compresión perpendicular, hinchamiento y contracción de la madera.

**REFERENCIAS**

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS D143- 14. *Standar Methods of Testing. Small Clear Specimens of Timber.* . (1992). Philadelphia, USA.pp 42-71.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. *Standar Methods of Testing. Small Clear Specimens of Timber. Annual books. Construction section 04.09 wood.* (1992). Philadelphia, USA.pp 42-71.
- ARIAS SANTILLÁN , M., MARTÍNEZ ESCOBAR, J. E., & SIZA SIMBAÑA, J. C. (2009). *Propiedades físico-mecánicas del Eucalipto Globulus y aplicación al diseño estructural de una vivienda parte de una granja integral, ubicada en el IASA 1.* Ecuador: SANGOLQUÍ / ESPE.
- CARDENAZ, J. (2011). *MADERA.* CUSCO: UAC.de la Calle Grande, J. C. (2013). *Análisis comparativo de diferentes métodos para la determinación de dureza en maderas. Tesis Maestrial de Ingenieria agraria.* Valladoli: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS.
- F, K. (1959). *Tecnología de la Madera y sus Aplicaciones, Fisica de la Madera,Teoria de la Impregnacion de Madera a presion.* Alemania: Publicaciones del IFIE.
- FUENTES, O. (1993). *ENSAYOS SOBRE MADERA OREADA, Departamento de Ingenieria de Maderas, Facultad de Ingenieria.* Chile Concepcion: Universidad de Bio Bio.
- GUAITA FERNANDÉZ, M., & EIRAS ABELEDO, A. (2007). *Estudio comparativo entre la madera de Pino y de Eucalipto Globulus para diversas tipologías estructurales.Tesis Doctoral Ingenieria Civil.* Lugo. España: Universidad de Santiago de Compostela.



- HERMOSO PRIETO, E. (2001). *Caracterización mecánica de la madera estructural de Pinus sylvestris L. Tesis Pregrado Ingeniería Forestal*. Madrid: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE MONTES.
- J., B. R. (2005). *Laboratorio de Anatomía de la Madera, Facultad de Ingeniería*. Chile: Universidad de Bio Bio 16 pp.
- JESÚS PITER, J. C. (2003). *2.2.4 Clasificación por resistencia de la madera aserrada como material estructural. Desarrollo de un método para el Eucalyptus grandis de Argentina. Tesis doctoral en Ingeniería*. La Plata: Universidad Nacional de la Plata.
- Junta, A. d. (1984). *MANUAL DE DISEÑO PARA MADERAS DEL GRUPO ANDINO*
- MONTOYA ARANGO , J. A., GONZÁLEZ B. , H. Á., & BEDOYA SÁNCHEZ , J. R. (2007). *DUREZA BRINELL Y LA INFLUENCIA DE LA HUMEDAD RELATIVA DEL AMBIENTE*, . Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.
- NORMA TÉCNICA PERUANA 251.001 Terminología*. (2012). Lima - Perú.
- NORMA TÉCNICA PERUANA 251.008 Selección y Colección de Muestras*. (2012). Lima - Perú.
- NORMA TÉCNICA PERUANA 251.009 Acondicionamiento de las Maderas destinadas a los ensayos Físico Mecánicos*. (2012). Lima - Perú.
- NORMA TÉCNICA PERUANA 251.010 Método para determinar el Contenido Humedad*. (2012). Lima - Perú.
- NORMA TÉCNICA PERUANA 251.017 Método para determinar la Flexión Estática*. (2012). Lima - Perú.



PEDRO CARMONA E. , EDGAR MONCAYO J. Y EDGAR CAMACHO O.
(1982) *MANUAL DE DISEÑO DE MADERAS DEL GRUPO ANDINO*.
LIMA, PERÚ: PROYECTOS ANDINOS DE DESARROLLO
TECNOLÓGICO EN EL ÁREA DE LOS RECURSOS
FORESTALES TROPICALES PADT-REFORT

SIZA SIMBAÑA, J. C., & MARTÍNEZ ESCOBAR, J. E. (2009). "*PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL EUCALIPTO GLOBULUS Y APLICACIÓN AL DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA PARTE DE UNA GRANJA INTEGRAL, UBICADA EN EL IASA I*". SANGOLQUÍ: ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO.

VICENTE TACUCHI, R. E. (2007). *Estudio de la madera Eucalipto Globulus saligna para uso estructural y su influencia a nivel local y regional. Tesis Pregrado Ingeniería Civil*. Lima: Universidad Nacional de Ingenierías.

**PAGINAS WEB**

A. 2012, 12. *Características de la madera. Revista ARQHYS.com. Obtenido Sábado 07, 2016, de*

Fuente: <http://www.arqhys.com/construccion/madera-caracteristicas.html>

M.C. Carlos Ernesto Moya Lara, Ciencia y tecnología de la madera Recuperado el SÁBADO, 25 DE FEBRERO DE 2012, de

<http://cytdelamadera.blogspot.pe/2012/02/caracteristicas-fisicas-de-la-madera.html>

Gonzalo H., C. 2001. Características físico-mecánicas en madera joven y adulta de 3 especies de Eucalyptus. Proyecto FONTEC.

http://www.aldeaforestal.cl/lemu/Ciencia/articulo2_a.htm

Katia Jiménez A. 2012, 12. Construcción con madera. Revista ARQHYS.com. Obtenido 07, 2016, de <http://www.arqhys.com/contenidos/madera-construccion.html>.)

CALLEJE TRUJILLO GABRIEL, Laboratorio de Resistencia de Maeriales UTP Recuperado el 25 de Mayo de 2014 de

<http://www.utp.edu.co/~gcalle/Contenidos/Flexion.pdf>

(Rothamel & Zamorano, 2006)

KOLLMAN F. Tecnología de la madera y sus aplicaciones. Recuperado el 2014 de Febrero de 05, de <http://www.kollmanf.com>

MAURICIO RAMÍREZ V., LUIS VALENZUELA H., CRISTIAN DÍAZ S. Recuperado el 15 de Marzo de 2014 de [wttp://www.scielo.cl/scielo.php](http://www.scielo.cl/scielo.php)

MONTOYA OLIVER, J. M. (S.F.). DEPOSITO DE DCOUMENTOS DE LA FAO. Recuperado el 01 de ENERO de 2014, de <http://www.fao.org>



LOPEZ, M. (2011). *AGRGADO*. CUSCO: LALO. MEJIA , L. C. (MAYO de 2007). *CLASES DE MADERA Y SU UTILIZACIÓN*. Recuperado el 26 de ENERO de 2014, <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual>

PEREZ A. *Apuntes de la Anatomía de la Madera*. Universidad Nacional de los Andes. *Recuperado el 26 de Enero de 2014, de <http://www.maderaanatomia.com/blog>*

SAMPIERI. *Metodología de la Investigación*. Recuperado el 28 de Enero de 2014, de <http://www.sampieri.es.com/>



ANEXOS



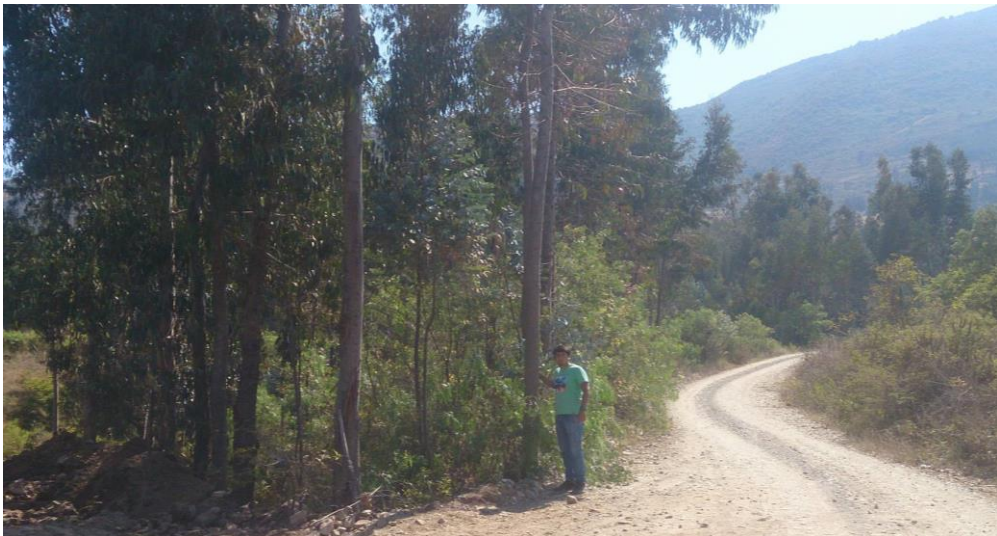
<p>Problema General Principal ¿Cuál es la relación que guarda la resistencia de la madera de Eucalipto con el contenido de humedad para la aplicación en elementos sometidos a esfuerzos de flexión en la ciudad del cusco?</p> <p>Problemas Secundarios <i>Problema Secundario Nº1:</i> ¿Cuál es la relación resultante entre el contenido de humedad de la madera de Eucalipto y la resistencia a la flexión para la aplicación en elementos sometidos a esfuerzos de flexión en la ciudad del cusco?</p> <p><i>Problema Secundario Nº2:</i> ¿Cuál es la relación resultante entre el contenido de humedad de la madera de Eucalipto y la resistencia a la tracción para la aplicación en elementos sometidos a esfuerzos de flexión en la ciudad del cusco?</p> <p><i>Problema Secundario Nº3:</i> ¿Cuál es la relación resultante entre el contenido de humedad de la madera de Eucalipto y la dureza Brinell para la aplicación en elementos sometidos a esfuerzos de flexión en la ciudad del cusco?</p> <p><i>Problema Secundario Nº 4:</i> ¿Cuál es la relación que exista entre la dureza Brinell y la Resistencia a la Flexión de una madera de Eucalipto para la aplicación en elementos sometidos a esfuerzos de flexión en la ciudad del cusco?</p> <p><i>Problema Secundario Nº5:</i> ¿Cuál es la relación que exista entre la Resistencia a la Tracción y la Resistencia a la Flexión de una madera de Eucalipto para la aplicación en elementos sometidos a esfuerzos de flexión en la ciudad del cusco?</p>	<p>Objetivos Objetivo General Analizar la relación que guarda la resistencia de la madera de Eucalipto con el contenido de humedad para la aplicación en elementos sometidos a esfuerzos de flexión en la ciudad del cusco.</p> <p>Objetivos Específicos <i>Objetivo Específico Nº 1:</i> Analizar la relación resultante entre el contenido de humedad de la madera de Eucalipto y la resistencia a la flexión para la aplicación en elementos sometidos a esfuerzos de flexión en la ciudad del Cusco</p> <p><i>Objetivo Específico Nº 2:</i> Analizar la relación resultante entre el contenido de humedad de la madera de Eucalipto y la resistencia a la tracción para la aplicación en elementos sometidos a esfuerzos de flexión en la ciudad del cusco.</p> <p><i>Objetivo Específico Nº 3:</i> Analizar Cuál es la relación resultante entre el contenido de humedad de la madera de Eucalipto y la dureza Brinell para la aplicación en elementos sometidos a esfuerzos de flexión en la ciudad del cusco</p> <p><i>Objetivo Específico Nº 4:</i> Evaluar la relación que exista entre la dureza Brinell y la Resistencia a la Flexión de una madera de Eucalipto para la aplicación en elementos sometidos a esfuerzos de flexión en la ciudad del cusco.</p> <p><i>Objetivo Específico Nº 5:</i> Evaluar la relación que exista entre la Resistencia a la Tracción y la Resistencia a la Flexión de una madera de Eucalipto para la aplicación en elementos sometidos a esfuerzos de flexión en la ciudad del cusco.</p>	<p>Marco teórico conceptual</p> <p>Relaciones agua-madera. Contenido de Humedad La madera es un material higroscópico que siempre contiene agua, de hecho, en el árbol en pie la madera tiene como función el transporte de agua de la raíz hasta las hojas, lo que permite el proceso de crecimiento.</p> <p>Propiedades mecánicas del eucalipto Ensayos mecánicos a. Flexión Se determinan los esfuerzos de flexión, en el límite de proporcionalidad, en el punto de capacidad máxima y módulos de elasticidad en el límite de proporcionalidad. b. Ensayo de tracción El ensayo de tracción es uno de los más importantes para determinar las propiedades mecánicas de los materiales. c. Ensayo Dureza Brinell Este método consiste en aplicar una fuerza determinada en la superficie de la madera a través de una esfera de acero (10mm de diámetro) evaluando la dureza como la relación entre la fuerza y la superficie del casquete esférico que se introduce en la madera (kg/mm^2).</p>	<p>HIPÓTESIS.</p> <p>La madera de Eucalipto cuanto menor sea el contenido de humedad, tendrá una mejor resistencia para la aplicación en elementos sometidos a esfuerzos de flexión en la ciudad del cusco.</p> <p>Sub Hipótesis.</p> <p>SH1- la madera de Eucalipto cuanto menor sea el contenido de humedad, tendrá una mayor resistencia a la flexión para la aplicación en elementos sometidos a esfuerzos de flexión en la ciudad del cusco.</p> <p>SH2- la madera de Eucalipto cuanto menor sea el contenido de humedad tendrá una mayor resistencia a la tracción para la aplicación en elementos sometidos a esfuerzos de flexión en la ciudad del cusco.</p> <p>SH3- la madera de Eucalipto cuanto menor sea el contenido de humedad, tendrá una mayor dureza Brinell para la aplicación en elementos sometidos a esfuerzos de flexión en la ciudad del cusco.</p> <p>SH4- la dureza Brinell de la madera de Eucalipto tendrá una estrecha relación con la Resistencia a la Flexión para la aplicación en elementos sometidos a esfuerzos de flexión en la ciudad del cusco.</p> <p>SH5- la Resistencia a la Tracción de la madera de Eucalipto guardara una relación inversa con la Resistencia a la Flexión de la misma para la aplicación en elementos sometidos a esfuerzos de flexión en la ciudad del cusco.</p>	<p>VARIABLES INDICADORES</p> <p>- Independientes X1 - Madera de Eucalipto</p> <p>Indicadores: (Para X1): Resistencia a la Flexión de la madera de Eucalipto (Para X1): Resistencia a la Tracción de la madera de Eucalipto (Para X1): Dureza Brinell de la madera de Eucalipto</p> <p>- Dependientes Y1: Humedad de la madera de Eucalipto</p> <p>Indicadores: (Para Y1): Porcentaje de humedad de la madera de Eucalipto</p>	<p>E METODOLOGÍA</p> <p>Tipo de Investigación Proyecto de investigación experimental comparativo</p> <p>Nivel de la Investigación un estudio de proyecto, comparativo experimental.</p> <p>Método de la Investigación Comparativo.- A través de este método. Se hará una comparación entre concretos planteados</p> <p>Diseño de la Investigación: Experimental</p> <p>Técnicas.- Las pruebas que se realizan para el estudio de las durezas de las maderas de la región del Cusco determinar la variación en longitud del concreto endurecido y la prueba del anillo de contracción para estimar la tendencia al agrietamiento del concreto</p> <p>Instrumentos y Equipos.-</p> <p>MADERAS <i>Paralelepípedos rectos de 50 x 50 x 150</i></p> <p><i>Equipo de ensayo de Dureza "Brinell"</i></p> <p><i>Equipo de ensayo de Materiales Universales</i></p>
--	---	--	---	--	---

BOSQUE MADERABLE DE LA PROV. DE ACOMAYO



Fuente Registro Fotográfico

BOSQUE DE EXTRACCIÓN DE MADERA



Fuente Registro Fotográfico

*RECONOCIMIENTO DEL BOSQUE MADERABLE DE EUCALIPTO
GLOBULUS*



Fuente Registro Fotográfico

MADERA DE EUCALIPTO GLOBULUS APEADA Y TROZADA



Fuente Registro Fotográfico

VERIFICACIÓN DE VISUAL DE LAS TROZAS DE MADERA DE EUCALIPTO
GLOBULUS (TROZAS LIBRE DE DEFECTOS)



Fuente Registro Fotográfico

TROZAS DE MADERA DE EUCALIPTO GLOBULUS



Fuente Registro Fotográfico

PROBETAS CON CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL



Fuente Registro Fotográfico

PROBETAS PARA EL ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN PROCESO DE SATURACIÓN



Fuente Registro Fotográfico