0005837

C 2

INFOR
Instituto Forestal

DOCUMENTO DIVULGATIVO N°7

ENSAYOS DE PRESECADO Y SECADO DE COIGUE EN TABLAS DE 30 mm DE ESPESOR

INSTITUTO FORESTAL
BIBLIOTECA
Santiago - Chile

BD

C.1

INSTITUTO FORESTAL

Subgerencia de Industrias

MINISTERIO DE AGRICULTURA

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias

INSTITUTO FORESTAL · BIBLIOTECA · Santiago - Chile ·

DOCUMENTO DIVULGATIVO N°7

ENSAYOS DE PRESECADO Y SECADO DE COIGUE EN TABLAS DE 30 mm DE ESPESOR

Basado en la labor desarrollada por el Ingeniero Civil en Industrias Forestales Sr. Gonzalo Hernández C., en el marco de la Función Pública de INFOR.

Marzo de 1997

INFOR

INDICE

INSTITUTO FORESTAL
BIBLIOTECA
Santiago - Chile

	Página
1. INTRODUCCION	3
2. ANTECEDENTES	4
2.1 Pretratamientos	4
2.2 Reacondicionado	4
2.3 Presecado	5
3. METODO EXPERIMENTAL	6
3.1 Tratamientos experimentales	6
3.2 Material y equipos	7
3.3 Procedimiento	7
4. RESULTADOS	11
5. CONCLUSIONES	14
6. BIBLIOGRAFIA	15
7. GLOSARIO	17

INFOR

1. INTRODUCCION

Dentro de las especies nativas, el coigüe ***(Nothofagus dombeyi (Mirb.) Oerst.)*** constituye una de las mayores reservas de madera latifoliada de los bosques chilenos. Sin embargo, esta especie no ha sido empleada hasta hoy en proporción a su abundancia. La razón principal de esto es la dificultad que presenta su secado; con el cual se generan: agrietamientos, alabeos y colapso.

El secado tradicional del coigüe considera un presecado al aire libre, para lograr contenidos de humedad bajo el punto de saturación de las fibras, el que requiere un período de 6 o más meses para madera de 1" de espesor, y después se aplica el proceso de secado artificial.

Es posible optimizar el secado del coigüe promoviendo los siguientes aspectos: uso del corte radial para reducir el efecto del colapso y el agrietamiento interno, la aplicación de pretratamientos de corta duración para acelerar el secado y la introducción de la técnica del presecado como alternativa del secado al aire libre.

Con el fin de poder llegar a formular algunas recomendaciones básicas a la industria maderera del país, se realizaron a nivel experimental cuatro ensayos, sobre cuyos resultados se da cuenta en el presente Documento Divulgativo. Junto con una evaluación de la calidad final del material en función del pretratamiento con vapor y los diferentes programas de presecado y secado aplicados, se dió especial importancia al estudio del colapso y de su recuperación por medio del reacondicionamiento con vapor.

INFOR

2. ANTECEDENTES

2.1 Pretratamientos

El alto contenido de tilosis y la formación de sustancias extrañas en la estructura de la madera de coigüe, son elementos que obstruyen el flujo y la conducción de agua. Una serie de ensayos han demostrado que esta situación puede ser revertida aplicando un pretratamiento extractivo, el cual consiste en sacar de la madera, por medio de un solvente adecuado o por la destilación al vapor, aquellas sustancias que obstruyen el flujo, permitiendo de esta manera mejorar la permeabilidad.

Al aplicar como pretratamiento vapor saturado por 2 o 4 horas, el resultado más relevante ha sido el aumento de la velocidad de secado para especies del género ***Eucalyptus*** y ***Nothofagus*** (Haslett y Kininmonth, 1986; Chafe y Ananias, 1996). Otra implicancia del pretratamiento, presentado por Chafe (1990), es la recuperación del colapso durante el reacondicionado, que puede ser ligeramente mayor después del pretratamiento con vapor.

Ensayos realizados en el país (Peredo y Figueroa, 1992; Díaz-Vaz y Poblete, 1991), demuestran que para madera aserrada de coigüe de 1" de espesor, la inmersión en agua con temperatura, acelera en forma apreciable el proceso de secado. En ambas experiencias no se apreció una tendencia a la aparición de defectos asociada al pretratamiento.

2.2 Reacondicionado

Se denomina reacondicionado a la etapa del secado utilizada para disminuir parte del colapso (Figura 1). El tratamiento se realiza con vapor saturado a 100 °C durante un período de 4 horas. Se recomienda realizar esta etapa una vez que la madera se encuentra a alrededor de un 17% de humedad (INFOR, 1966).

De acuerdo con ensayos de secado de coigüe utilizando piezas de largo comercial (INFOR, 1966), la recuperación promedio del colapso en el sentido tangencial fue de 7,6% y de un 2,9% en el sentido radial (valores expresados como porcentaje de la dimensión original verde).

Figura 1. Colapso severo en una pieza de madera

INFOR

2.3 Presecado

Es una técnica que se utiliza para el secado inicial de maderas que necesitan un secado lento para evitar la aparición de defectos. Este tipo de secado se desarrolla en recintos cerrados con componentes básicos similares a los hornos convencionales (Figura 2).

Debido a las bajas temperaturas de operación (menores a 45 °C), un presecador no es adecuado para bajar el contenido de humedad de la madera más allá del 25 a 20%, por lo tanto, cuando se necesitan humedades inferiores, el proceso debe ser completado mediante secado final.

El presecado es una técnica ventajosa respecto al secado al aire libre, pues además de llevar la madera a humedades semejantes pero en menor tiempo, permite obtener un producto de mejor calidad ya que las tablas siempre están protegidas contra el sol y la lluvia.

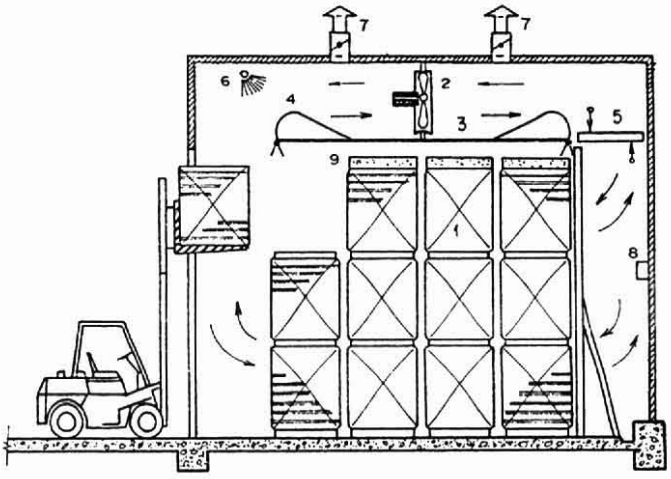


Figura 2. Elementos de un secador de maderas

1) Pila de madera formada por paquetes
2) Ventilador
3) Cielo falso
4) Deflector de aire
5) Radiadores
6) Vaporizador
7) Entrada de aire y salida aire humedo
8) Equipo de control
9) Peso de concreto (500 a 1000 Kg/m2)

INFOR

3. METODO EXPERIMENTAL

3.1 Tratamientos experimentales

Los cuatro tratamientos experimentales estuvieron constituidos por aplicaciones con vapor (pretratamiento, reacondicionado y acondicionado) y por programas de presecado y secado. Estos tratamientos se resumen en el Cuadro 1.

En los ensayos 1 y 2 se realizó un vaporizado inicial (pretratamiento) a la totalidad de las piezas que componen la carga, en tanto, en los ensayos 3 y 4 se consideró la aplicación solamente al 50% de la carga. Las restantes piezas son mantenidas como testigos.

Cuadro 1
Resumen de los ensayos de secado

HUMEDAD PROMEDIO DE LA MADERA	ETAPA	ENSAYOS Y PROGRAMAS			
		1	2	3	4
		Ts Th	Ts Th	Ts Th	Ts Th
Verde	Pretratamiento	90 - 90	90 - 90	90 - 90	75 - 75
Verde-50	Presecado	35 - 32 constante	35 - 32 constante	35 - 32	35 - 32
50-40				38 - 32	38 - 32
40-30				40 - 32	40 - 32
30-25				43 - 32	43 - 32
25-20				45 - 32	45 - 32
20	Reacondicionado	90 - 90	90 - 90	90 - 90	90 - 90
25-20	Secado	40 - 33	44 - 40	40 - 33	44 - 40
20-17		46 - 38	49 - 44	46 - 40	49 - 44
17-14		53 - 38	55 - 44	53 - 44	55 - 44
14-11		58 - 38	60 - 44	58 - 44	60 - 44
11-08		58 - 38 lento	65 - 44 rápido	58 - 44 lento	65 - 44 rápido
<10	Acondicionado	90 - 90	90 - 90	75 - 75	75 - 75

Ts: temperatura de bulbo seco, °C
Th: temperatura de bulbo húmedo, °C

INFOR

3.2 Material y equipos

El material experimental se obtuvo de la primera troza de árboles de coigüe sanos y maduros, de unos 56 a 86 cm de diámetro, provenientes de la localidad de Neltume en la provincia de Valdivia.

De cada troza se cortaron piezas cuarteadas de dimensiones nominales de 1*5 pulgadas (25*127 mm) y 2 m de largo. Las piezas fueron distribuídas al azar al momento de encastillarlas para los distintos tratamientos.

Los ensayos se llevaron a cabo en un horno experimental de fabricación nacional, con una capacidad de 0,25 m3. La calefacción y humidificación del horno se realizó con vapor de baja presión. La velocidad del aire entre tablas fue de 2,5 m/s.

3.3 Procedimiento

Las 36 piezas en corte radial de cada ensayo fueron encastilladas con listones separadores de 10*30*510 mm. Cada castillo consistía
de 3 piezas en el ancho y 12 corridas en altura (Figura 3). Se ubicaron 4 muestras para seguir el contenido de humedad de la carga (2 pretratadas y 2 sin pretratar).

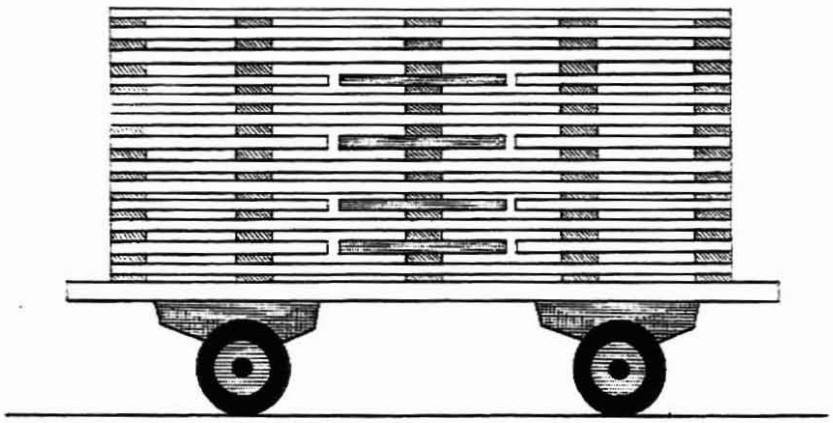


Figura 3. Vista del castillo y ubicación de muestras testigos

INFOR

Las piezas se dimensionaron (ancho y espesor) en distintas etapas del proceso (presecado, reacondicionado y secado), inspeccionándose los defectos presentes antes de iniciar los ensayos a fin de excluirlos de los causados por el secado propiamente tal (Figura 4). Cada pieza de madera fue convenientemente sellada en sus extremos, con el fin de simular el comportamiento de piezas de mayor longitud.

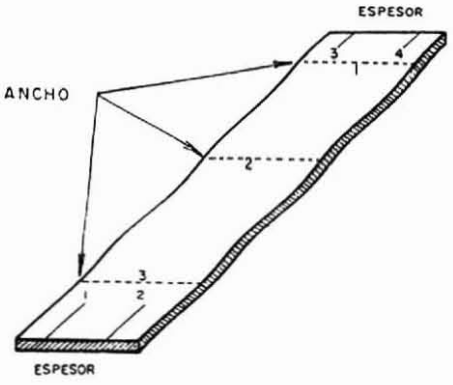


Figura 4. Marcación de los puntos de control de dimensiones

La humedad de la madera se determinó al comienzo, cortando simultáneamente secciones de una pulgada entre las piezas y muestras experimentales, las que fueron secadas en estufa hasta peso constante. Las muestras se pesan diariamente para conocer el contenido de humedad actual de la madera y conducir los programas de secado. A cada una de las piezas se le determina el contenido de humedad al final de las etapas del presecado y secado.

Los defectos fueron estimados visualmente según el esquema descrito a continuación. Se consideraron como defectos:

Grietas:
a. grietas en las caras
b. grietas en las puntas y grietas internas

Deformaciones (Figura 5):
a. acanaladura
b. torcedura
c. encorvadura
d. arqueadura

INFOR

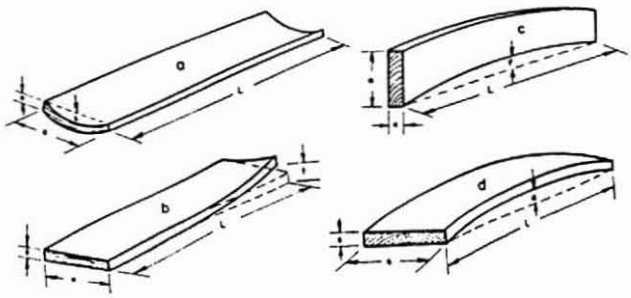


Figura 5. Deformaciones o alabeos

En la evaluación de los defectos se consideró la intensidad de éstos, agrupándolos en ciertos niveles de magnitud. Posteriormente, a cada uno de estos niveles se le asignó un factor de ponderación de acuerdo al Cuadro 2:

Cuadro 2
Factor de ponderación para los defectos del secado

DESCRIPCION	PONDERACION
Sin defecto	0
Leve	0,5
Moderado	2,0
Intenso	2,5

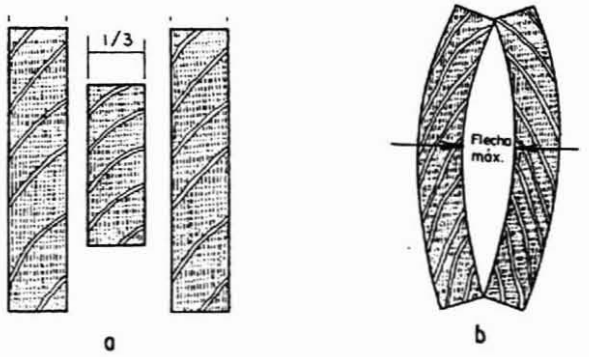
La calidad del presecado se estimó como la suma estadística de los 4 alabeos mencionados, en tanto, que en la determinación de la calidad del secado fueron considerados los 6 tipos de defectos anotados, clasificándola a su vez según la siguiente escala de referencia:

Excelente	0	Muy buena	0,1 - 0,5
Buena	0,6 - 1,0	Satisfactoria	1,1 - 1,5
Regular	1,6 - 2,0	Defectuosa	2,1 - 3,0
Mala	3,1 - 5,0	Muy mala	> 5,1

El porcentaje de recuperación del colapso se determinó mediante el cambio de dimensiones que experimentan las muestras y piezas antes y después del reacondicionado. El colapso no fue incluido entre los defectos del proceso, debido a que se estimó posible su eliminación por medio del reacondicionado con vapor.

Para evaluar el gradiente de humedad y las tensiones de secado son utilizadas probetas de 1" de espesor, las cuales son seccionadas en tres partes iguales. El gradiente es proporcionado por la diferencia de humedad existente entre la parte interior y exterior de cada probeta. El nivel de las tensiones se obtiene al evaluar la deformación máxima en el centro de las dos piezas externas decada probeta. Las mediciones se realizan al termino de los procesos de presecado y secado (Figura 6).

INFOR



INSTITUTO FORESTAL
BIBLIOTECA
Santiago - Chile

Figura 6. Forma de probetas para evaluar gradiente de humedad (a) y tensiones de secado (b)

INFOR

4. RESULTADOS

En el Cuadro 3, se indica los tiempos de secado según ensayo y tratamiento hasta una humedad final promedio de un 10%.

Cuadro 3
Tiempo de secado según ensayo y tratamiento

ENSAYO	TRATAMIENTO	PRESECADO		SECADO		TIEMPO
		C.H.	tiempo (h)	C.H.	tiempo (h)	TOTAL
1	Pretratada	68,7 18,0	600	16,3 7,5	236	836.0
2	Pretratada	148,7 20,1	1.416	18,7 10,4	125	1.541
3	Pretratada	122,1 20,2	1.200	17,8 10,5	112	1.312
	Testigo	138,9 22,2	1.326	22,9 10,5	162	1.488
4	Pretratada	114,4 20,1	1.032	12,9 10,1	90	1.122
	Testigo	131,6 28,8	1.200	23,8 15,1	141	1.341

C.H.: Contenido de humedad

En el Cuadro 4, se presenta los resultados obtenidos con respecto a las grietas y deformaciones al final del secado. Se proporcionan los índices de calidad para el presecado y secado.

INFOR

Cuadro 4
Indice de la calidad del secado

DESCRIPCION	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3		ENSAYO 4	
	Pretratada	Pretratada	Pretratada	Testigo	Pretratada	Testigo
GRIETAS						
internas	1,64	1,56	2,46	0,13	0,00	0,00
ALABEOS						
acanaladura	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
arqueadura	0,09	0,04	0,66	0,33	0,81	1,06
encorvadura	0,39	0,30	1,10	0,83	0,46	0,46
torcedura	0,09	0,09	0,53	0,53	0,31	0,34
INDICE SECADO	2,21 defectuosa	1,99 regular	4,75 mala	1,82 regular	1,58 satisfac	1,86 regular
INDICE PRESECADO	3,75 mala	2,48 defectuosa	1,72 regular	1,33 satisfac	1,33 satisfac	1,81 regular

El Cuadro 5, muestra la distribución promedio de la humedad y el nivel de tensiones producido al término de los procesos de presecado y secado.

Cuadro 5
Gradiente de humedad (%) y tensiones de secado (mm)

ETAPA	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3		ENSAYO 4	
	Pretratada	Pretratada	Pretratada	Testigo	Pretratada	Testigo
PRESECADO						
gradiente	3,4	5,0	4,5	16,7	6,0	7,8
tensiones	7,2	6,7	6,2	9,1	9,2	10,6
SECADO						
gradiente	1,6	1,7	0,9	4,6	1,3	1,4
tensiones	1,3	0,7	1,2	2,3	1,8	2,0

El Cuadro 6, proporciona información respecto de la contracción antes y después del reacondicionado, además del porcentaje de recuperación del colapso en cada uno de los ensayos.

INFOR

Cuadro 6
Contracción antes y después del reacondicionado (%)

ENSAYO	PIEZAS	CONTRACCION (% DIMENSION VERDE)				RECUPERACION COLAPSO (%)
		ANTES		DESPUES		
		Tangencial	Radial	Tangencial	Radial	
1	Pretratadas	11,9	5,2	4,5	2,9	9,7
2		13,6	4,1	9,4	2,8	5,5
3		11,9	3,5	7,7	2,5	5,2
4		16,8	8,3	11,3	6,7	7,1
3	Testigos	10,9	3,6	6,1	2,9	5,5
4		12,6	4,0	9,4	3,6	3,6

INFOR

5. CONCLUSIONES

El presecado artificial del coigüe permite reducir en forma significativa el tiempo empleado en esta etapa. Los ensayos 2,3 y 4 presentan, en promedio, para aquellas piezas sometidas a pretratamiento, una duración de 1,7 meses. Kauman y Mittak (1966) señalan que el secado del coigüe, desde condiciones verdes hasta un 20% de humedad, en piezas de 1" de espesor, requiere de 6 a 7 meses.

La presencia de grietas internas en la madera es influenciada por la temperatura del pretratamiento. En los tres primeros ensayos el vaporizado se realizó con temperaturas de 90/90 °C, produciéndose en todos ellos agrietamiento interno en la madera. Cuando el pretratamiento se realizó a 75/75 °C, desaparecen las grietas internas, pero los alabeos son los que limitan la calidad de la madera seca.

El reacondicionado efectuado sobre piezas con un vaporizado inicial permite una mayor recuperación del colapso. En madera pretratada la recuperación del volumen es, en promedio, expresado como porcentaje de la dimensión original verde, de un 7% (5,4% tangencial y 1,6% radial), en tanto, la madera testigo disminuye esta recuperación a un 4,5% (4% tangencial y 0,5% radial). Esto significa, para la madera pretratada, que la tabla verde cuarteada de 30 mm de espesor medirá seca (9% contenido de humedad) sólo 24,9 mm, pero reacondicionada, 26,5 mm, lo que equivale a 1,6 mm recuperados. Este valor que puede considerarse pequeño, constituye una importante ventaja económica para los madereros, pues una tabla colapsada debe cepillarse a la medida menor de la superficie irregular de la madera, lo que aumenta considerablemente la pérdida.

La madera pretratada alcanza las menores diferencias de humedad entre el interior y la superficie de la madera. Esta diferencia no supera el 2%, lo que de acuerdo a Welling (1994) significa una excelente calidad.

La madera pretratada presenta al final del proceso una menor magnitud de las tensiones de secado. El promedio obtenido (1,25), de acuerdo con indicaciones de Welling (1994), es considerado como tensión leve.

Con los ensayos realizados, se puede recomendar el programa número 4 para madera pretratada a 75 °C. Con un buen encastillado de la madera y una circulación del aire de 2,5 m/s, los programas indicados (presecado y secado) deberían permitir secar la madera en 47 días, desde condición verde hasta un 10% de contenido de humedad.

INFOR

6. BIBLIOGRAFIA

ANANIAS, R.A.; CHAMORRO, M.; DIAZ, C. 1996a. Efecto del precalentamiento en agua sobre la densidad básica y la contracción en coigüe. Ciencia e Investigación Forestal (enviado para publicación).

ANANIAS, R.A.; FLORES, P.; FUENTES, O.; PEÑA, G. 1996b. Secado por alta temperatura de latifoliadas. Actas VIII Reunión Investigación y Desarrollo en Productos Forestales 1:143-154.U. Chile, Santiago, Chile.

BOONE, R.S.; KOZLIK, C.J.; BOIS, P.J.; WENGERT, E.M., 1988. Dry kiln schedules for commercial woods: temperate and tropical. General Technical Report FPL-GTR-57, Forest Products Laboratory, Madison, WI, U.S.A.

CASANOVA, M.; SEGUEL, A., 1996. Secado al vacío de coigüe de 38 mm de espesor. Seminario Titulación, Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile.

CHAFE, S.C., 1990. Effect of brief pre - steaming on shrinkage, collapse and other wood water relationships in ***Eucalyptus regnans***. Wood Science Technology. 24:311-326.

CHAFE, S.C.; ANANIAS, R.A., 1996. The effect of pre - steaming on moisture loss and internal checking in high - temperature - dried boards of ***Eucalyptus globulus*** and ***Eucalyptus regnans***. Journal of the Institute of Wood Science.

CIFUENTES, J.Y.; LEZANA, O.F., 1996. Ensayos de secado bajo vacío de coigüe de 50 mm de espesor. Seminario Titulación, Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile.

DIAZ-VAZ, J.E.;POBLETE, H., 1991. Inmersión en agua de madera aserrada de coigüe. Actas VII Reunión Investigación y Desarrollo de Productos Forestales 1:241-259, U. Austral, Valdivia, Chile.

HASLETT, A.N.; KININMONTH, J.A., 1986. Pretreatments to hasten the drying of ***Nothofagus fusca***. New Zealand Journal of Forestry Science 16(2):237-246.

INFOR, 1966. Ensayos de secado en coigüe. Informe Técnico N°25, Instituto Forestal, Santiago, Chile.

KAUMAN, W.G.; MITTAK, G., 1964. Problems in drying chilean coigüe. Forest Products Journal 14(8):359-360.

KAUMAN, W.G.; MITTAK, G., 1966. Ensayos de secado en coigüe ***(Nothofagus dombeyi)***. Informe Técnico No. 25, Instituto Forestal, Santiago, Chile.

INFOR

MORALES, M.A., 1994. Comportamiento del colapso en secado por vacío en coigüe ***(Nothofagus dombeyi)***. Tesis, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

PEREDO, M.; FIGUEROA, R., 1992. Secado artificial de madera de coigüe ***(Nothofagus dombeyi)***. Bosque 13(2):45-55.

RESSEL, J.; WELLING, J., 1987. Das Trocknungsverhalten des Holzes coigüe (1), (2). Holz-Kunststoffverarbeitung 22(2):150-153 (primera parte), 22(3):246-247 (segunda parte).

ROSENDE, R.; BLUHM, E., 1966. Ensayos de secado en coigüe y ulmo en tablas de largo comercial. Informe Técnico No. 26, Instituto Forestal, Santiago, Chile.

VILLAR, D., 1984. Secado de madera aserrada de coigüe ***(Nothofagus dombeyi)*** mediante aire forzado. Tesis, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

WELLING, J. 1994. Drying quality assesment and specification -a challenge for the future-. 4th IUFRO Wood Drying Conference 1:297-304. Rotorua, N. Zealand.

INFOR

7. GLOSARIO

ACONDICIONADO : Es el proceso aplicado al final del secado artificial para aliviar las tensiones en la madera.

ALABEO : Es la deformación que puede experimentar una pieza de madera como consecuencia de la curvatura de sus ejes longitudinal, transversal o ambos. Se distinguen: acanaladura, torcedura, encorvadura y arqueadura.

CALIDAD DEL SECADO : Descripción del estado de una carga de madera después de secada (presecada), respecto de las propiedades que están directamente relacionadas con el proceso de secado.

COLAPSO : Es una contracción anormal que ocurre durante las primeras etapas del secado, cuando la madera aún está perdiendo agua libre y se debe, comúnmente hablando, a un aplastamiento de los lúmenes de una célula; quedando la madera seriamente deformada.

CONTRACCION DE LA MADERA : Disminución de las dimensiones de la madera que ocurre cuando la madera presenta un contenido de humedad de alrededor del 30%. Se expresa normalmente como un porcentaje de la dimensión de la madera verde.

GRADIENTE DE HUMEDAD : Es la diferencia de humedad entre las capas internas y superficiales de la madera.

GRIETAS SUPERFICIALES : Son fisuras en la superficie de una pieza de madera. Dependiendo de su profundidad pueden o no desaparecer totalmente mediante cepillado.

INFOR

INSTITUTO FORESTAL
BIBLIOTECA
Santiago - Chile

GRIETAS INTERNAS

Como su nombre lo indica tienen su origen en el interior de la madera, pero también pueden producirse debido a la prolongación de las grietas superficiales hacia el centro o debidas al colapso.

HUMEDAD DE LA MADERA : Cantidad de agua por unidad de peso seco de la madera, expresada en tanto por ciento.

PERMEABILIDAD : Se define como la facilidad con la cuál un fluído atraviesa la madera en respuesta a una diferencia de presión.

PROGRAMA DE SECADO : Conjunto de etapas sucesivas para lograr un contenido de humedad final deseado para la madera. Cada etapa del programa se encuentra fijada por la temperatura de bulbo seco y húmedo.

TEMPERATURA DE BULBO SECO : Temperatura leída por un termómetro de bulbo seco y mide la temperatura al interior de la cámara de secado.

TEMPERATURA DE BULBO HUMEDO : Temperatura leída en el termómetro de bulbo húmedo y mide la temperatura de equilibrio alcanzado por una pequeña masa de agua expuesta a una corriente continua de aire.

TENSIONES DE SECADO : Esfuerzos que se originan en el interior de la madera, como consecuencia de las diferencias de contracción producidas por la variación del contenido de humedad.

INFOR