

RECOMENDACIÓN-EDG (EUROPEAN DRYING GROUP). EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SECADO DE LA MADERA. Gonzalo Hernández Careaga. Ingeniero Civil en Industrias Forestales. Instituto Forestal. Km 7,5 Camino a Coronel. Concepción. Chile.

Resumen

Esta entrega se refiere a una compilación y adaptación de la Recomendación-EDG (European Drying Group), para evaluar la calidad del proceso de secado de madera en cámaras. Esta forma de estandarización fue elaborada con la colaboración y cooperación de la industria maderera y de las Autoridades de Investigación e instituciones de investigación vinculadas al tema.

Para todos los criterios de calidad de secado, se describen técnicas de medición, a fin de facilitar el control y monitoreo, empleando una normativa estándar. En esta Recomendación se definen tres clases de calidad de secado: "Estándar" (S), "Secado de calidad" (Q) y "Exclusivo" (E), para lo cual se han especificado los límites admisibles de la variación del contenido de humedad promedio y del gradiente de humedad en función del contenido de humedad objetivo. Además, se entrega la forma de evaluar aquellas características adicionales que afectan la calidad del secado de la madera como lo son las grietas y rajaduras.

Esta recomendación puede ser utilizada como punto de partida para fijar un estándar de control de calidad de la madera seca en cámara, por parte de los productores nacionales, ajustándolo a las características de las maderas nativas y exóticas presentes en el país.

Palabras Clave: Control de calidad, Calidad de Secado, Madera Aserrada

ABSTRACT

This deliver refers to gathering and adapting of the EDG-Recommendation for assessing quality of the drying process in kiln dried timber. This standardization was developed with the cooperation of the timber industry and the research authorities and institutions involved in this subject.

For all drying quality criteria, measurement techniques are described in order to facilitate control and monitoring using a standard regulation. In this Recommendation three drying quality classes are defined: S "Standard", Q "Quality dried" and E "Exclusive". For that purpose allowable limits for mean moisture content variation and moisture gradient have been specified, as a function of the target moisture content. Moreover, it has also been described the way of evaluating such additional characteristics which may affect the drying quality of timber as checks and splits.

This Recommendation can be used as a starting point for setting up a quality control standard for kiln dried timber for national producers, adapting it to the different native and exotic wood present in this country.

Keywords: Quality Control, Drying Quality, Timber

INTRODUCCIÓN

Un alto porcentaje de la madera seca que se comercializa, procesa y utiliza es madera aserrada secada artificialmente. La demanda de madera seca ha ido creciendo año a año debido, por una parte, a la mayor exigencia de los procesos de elaboración, y por otra, a la necesidad de alcanzar un alto nivel de estabilidad dimensional.

En la actualidad no existen criterios aceptados en forma general para la determinación de la calidad de la madera secada artificialmente. Los siguientes conceptos de evaluación proporcionados en esta Recomendación-EDG (European Drying Group), tratan de solucionar esta limitación.

Esta Recomendación consiste en cinco partes:

Parte 1: Presenta las diferencias entre calidad de la madera y calidad de secado.

Parte 2: Especifica y evalúa la calidad de secado, respecto del contenido de humedad y tensiones internas de la madera aserrada seca en cámara para cargas o partidas.

Parte 3: Proporciona una guía de cómo calificar, cuantificar y evaluar las características de la calidad, posterior al secado, en aquellos casos que no existan estándares específicos del producto que cubran este campo.

Parte 4¹: Resume, a través de Cuadros, las regulaciones de calidad de secado.

Parte 5: Proporciona listas de chequeo para llevar a cabo el control y evaluación de la calidad del secado, junto con las formas de evaluación.

OBJETIVOS

1. Proporcionar una clara demarcación entre la definición de calidad de la madera y calidad del secado.
2. Definir con claridad los criterios que se relacionan con la calidad de secado y entregar definiciones sobre las tres clases de calidad de secado.
3. Describir métodos prácticos para la evaluación de la calidad del secado, ayudando a establecer sistemas de control de calidad y garantía de calidad en toda Europa.

LIMITACIONES DE LA RECOMENDACIÓN-EDG.

1. Esta Recomendación está limitada a coníferas y latifoliadas de hasta 80 mm de espesor. Los productos semi-manufacturados o productos terminados pueden ser chequeados y clasificados de acuerdo a esta Recomendación, pero en la mayoría de

¹ La parte 4 de esta recomendación no será incluida ya que corresponde al resumen de todos los cuadros de especificaciones citados en esta Recomendación.

los casos habrá que definir criterios adicionales, ya que la Recomendación-EDG ha sido desarrollada específicamente para cubrir sólo madera aserrada seca en cámara.

2. Todas las especificaciones y clasificaciones detalladas en esta Recomendación no deben utilizarse para madera con un contenido de humedad objetivo superior al 20%. Dicho material deberá ser considerado como “pre-secado” en términos contractuales.
3. Esta Recomendación sólo deberá utilizarse con el fin de evaluar la calidad del secado de cargas completas o por lotes (partidas).
4. En caso de que en un contrato el contenido de humedad objetivo aparezca especificado en términos de clases de calidad de secado, entonces se considerará sólo la variación del contenido de humedad promedio de la pieza ($CH_{1/3}$).

PARTE 1: DIFERENCIAS ENTRE CALIDAD DE LA MADERA Y CALIDAD DEL SECADO

Calidad de la madera: Son todas las propiedades de la madera previas al secado. Esta incluye: densidad, nudos, ancho de los anillos de crecimiento, orientación de las fibras y bolsas de resina; además de aquellos defectos producidos por animales, insectos u hongos.

Calidad del secado: Se refiere a las propiedades y los posibles defectos presentes en la madera seca como consecuencia del proceso de secado. La calidad del secado puede ser influenciada y mejorada considerablemente por medio del control y regulación del proceso.

Para evitar complicaciones y delimitar responsabilidades ante la presencia de defectos en la madera seca, es muy importante separar las propiedades que caracterizan la calidad de la madera de aquellas que caracterizan la calidad del secado (Cuadro 1).

Cuadro 1

PROPIEDADES DE LA MADERA Y PROPIEDADES INFLUIDAS POR EL PROCESO DE SECADO.

Propiedades relacionadas con la calidad de la madera	Propiedades originadas por el proceso de secado
Propiedades mecánicas	Contenido de humedad final
Densidad	Variación de contenido de humedad
Coefficiente de contracción	A través del: - Espesor de la pieza
Orientación de la fibra	- Largo de la pieza
Grano en espiral	- Dentro de una carga
Fibra entrecruzado	- Dentro de un lote
Madera de reacción	Tensiones de secado
Madera juvenil	Grietas superficiales
Nudos	Grietas internas
Tensiones de crecimiento	Grietas en los extremos
Grieta pequeña en anillo	Rugosidad en la superficie
Bolsas de resina	Ciertas deformaciones y decoloraciones

Criterios para la Evaluación de la Calidad del Secado

- a) **S (Estándar)**: Se refiere a un stock o existencia para el cual su uso final aún no ha sido definido y que presenta requisitos de calidad no muy altos.
- b) **Q (Secado de calidad)**: Se sugiere para stocks con requisitos de calidad más altos.
- c) **E (Exclusivo)**: Se relaciona con usos finales específicos, con altos requisitos de calidad de secado.

Los Cuadros 2a y 2b definen criterios y métodos especiales para la evaluación de la calidad del secado. La parte 2 de esta Recomendación, establece los rangos admisibles para las tres clases de calidad S, Q, y E, de acuerdo a los criterios indicados en el Cuadro 2a. En tanto, la Parte 3 entrega antecedentes de cómo expresar y cuantificar los criterios de calidad del secado indicados en el Cuadro 2b.

Cuadro 2a

CRITERIOS DE CALIDAD DEL SECADO CONSIDERADOS EN LAS CLASES S, Q, Y E.

Criterios para calidad de secado	Cumplimiento	Importante	
		Coníferas	Latifoliadas
Estimación Cont. de humedad promedio ($MC_{1/3}$)	Obligatorio	X	X
Gradiente de humedad ($MC_{1/2}-MC_{1/6}$)	A Solicitud	X	X
Tensión interna de la madera	A Solicitud	X	X

Cuadro 2b

CRITERIOS ADICIONALES PARA LA CALIDAD DEL SECADO

Criterios para calidad de secado	Cumplimiento	Importante	
		Coníferas	Latifoliadas
Grietas causadas por el secado	A Solicitud		
- Grietas de superficie		X	X
- Grietas internas		X	X
- Grietas en los extremos		X	X
Rugosidad de la superficie (Colapso)	A Solicitud	O	X
Decoloración causada por el secado	A Solicitud	O	X
- Manchas superficiales	A Solicitud	X	X
- Manchas internas		O	X
- Manchas no homogéneas		O	X
- Marcas de listones		X	X
- Manchas homogéneas		O	X
Deformaciones por encastillado incorrecto	A Solicitud	X	X

X: Sí O: No

PARTE 2: ESTÁNDAR PARA ESPECIFICAR Y EVALUAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD Y LAS TENSIONES INTERNAS DE LA MADERA.

Contenido de Humedad de la Madera (CH)

El contenido de humedad (CH) se define como la cantidad de agua presente en la madera, expresado en función de su peso anhidro. Hoy en día, el único método estandarizado para la determinación del contenido de humedad es el método de secado en estufa, en el cual probetas de 15 a 20 mm de ancho son pesadas inicialmente y puestas en estufa a $103\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta lograr peso constante. Su valor numérico se expresa en porcentaje y se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{CH} = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100$$

En que: CH : Humedad de la madera en (%)

P_h : Peso de la madera en estado húmedo o peso inicial (g)

P_s : Peso de la madera en estado anhidro o peso seco (g)

El método de secado en estufa es muy exacto, pero tiene la desventaja de ser poco práctico, destructivo y muy lento. Debido a esto, a nivel industrial, se utilizan instrumentos que si bien son menos exactos, tienen la ventaja de ser mucho más rápidos. Estos instrumentos se basan en la medición de la resistencia eléctrica de la madera (Xilohigrómetro).

Para alcanzar buenos resultados es necesario calibrar y revisar en forma regular el instrumento de medición. Además, se debe considerar el hecho que no se puede obtener mediciones confiables por sobre el 27-30% (punto de saturación de la fibra) y bajo el 6% de contenido de humedad.

El Cuadro 3 indica la ubicación de los electrodos en el espesor de la pieza para la determinación del contenido de humedad superficial, promedio y central.

Cuadro 3

POSICIÓN DE LOS ELECTRODOS EN EL ESPESOR DE LA PIEZA.

Ubicación	Designación	Abreviación
1/6 del espesor (mínimo 5 mm)	CH superficial	CH _(1/6)
1/3 del espesor	Estimación CH promedio	CH _(1/3)
1/2 del espesor	CH en el centro	CH _(1/2)

Límites de la Calidad de Secado para las Clases S, Q y E

A continuación se especifican y evalúan los límites admisibles del contenido de humedad y los gradientes para las tres clases de calidad de secado, expresándose en función del contenido de humedad objetivo.

Niveles de Confianza y Muestreo.

Para determinar si el contenido de humedad promedio y el gradiente de humedad de una carga o lote de madera cumplen con los requerimientos de calidad, se ha especificado un nivel de confianza del 90%. Esto quiere decir que el 90 % de todos los resultados de la muestra seleccionada deberán cumplir con los requisitos señalados en los Cuadros 4 ó 5. Para efectos prácticos esto significa:

- En una muestra de tamaño mínimo de 15 piezas obtenidas al azar, la medición de una pieza puede estar fuera de rango, en tanto que las otras piezas deberán ajustarse a los requisitos que aparecen en los Cuadros 4 ó 5.
- En una muestra de tamaño mínimo de 20 piezas, obtenidas al azar, 18 de ellas deben cumplir con los requisitos especificados en los Cuadros 4 ó 5. En caso que haya más de 2 mediciones fuera de rango, se deberá aumentar el número de muestras a 10 por muestreo, es decir, 27 mediciones para cumplir con las 30 muestras, o 36 mediciones para cumplir con 40 muestras.
- En caso de que se chequeen 20 piezas, entonces, el 90 % de todos los resultados deberá cumplir con los requisitos. Si no se cumplen las especificaciones de calidad, entonces, la carga o partida deberá ser nuevamente secada y evaluada, o ser distribuida en una clase de calidad menor, o en su defecto, rechazarla por no cumplir con los requisitos de calidad.

A continuación se señalan los pasos a seguir y el número de muestras individuales seleccionadas, al azar, requeridas para el cumplimiento del CH.

Paso 1: Elegir el número de paquetes según la especificación de calidad solicitada.

- Clase S: De cada 10 paquetes 1 deberá ser muestreado
- Clase Q: De cada 7 paquetes 1 deberá ser muestreado
- Clase E: De cada 5 paquetes 1 deberá ser muestreado

Paso 2: Un mínimo de 5 piezas individuales de cada paquete deben ser chequeadas para su $CH_{1/3}$ (estimación del contenido de humedad promedio).

Paso 3: En caso que sea requerido, para determinar el gradiente de humedad, se deberá seleccionar el número de piezas según la especificación de calidad de la siguiente manera:

- Clase S: 15 piezas como mínimo a chequear
- Clase Q: 20 piezas como mínimo a chequear
- Clase E: 25 piezas como mínimo a chequear

Paso 4: En caso de que no se cumpla el número mínimo de muestras del paso 3, al realizar los pasos 1 y 2 deberán abrirse paquetes adicionales.

Variación Admisible del Contenido de Humedad Promedio ($CH_{1/3}$)

El contenido de humedad objetivo (CH_{obj}) indicado en un contrato, es el punto de referencia para la variación de la calidad del secado, respecto al contenido de humedad. El $CH_{1/3}$ es considerado como una estimación del contenido de humedad promedio. Las clasificaciones de calidad de secado S, Q y E permiten diferenciar el $CH_{1/3}$ en relación al contenido de humedad objetivo. La clase S permite la mayor variación del $CH_{1/3}$; la clase Q es la clase universal con un amplio rango de usos finales, para lo cual se requiere un contenido de humedad dentro de un rango más reducido; y la clase E presenta estrechos límites de calidad y debe ser utilizada al especificar madera seca para usos finales muy especiales y para cumplir con requisitos de calidad de secado. Los rangos de aceptación para $CH_{1/3}$ con un nivel de confianza del 90% se indican en el Cuadro 4.

Cuadro 4

RANGO ADMISIBLE PARA EL CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO ($CH_{1/3}$)

Clase de calidad	90% de todas las lecturas de $CH_{1/3}$ deben estar dentro de los límites:	Ejemplos para el rango admisible de $CH_{1/3}$ si el CH_{obj} es de:		
		10%	14%	18%
S	$CH_{obj} \pm CH_{obj} \times 0,3$	7,0 - 13,0	9,8 - 18,2	12,6 - 23,4
Q	$CH_{obj} \pm CH_{obj} \times 0,2$	8,0 - 12,0	11,2 - 16,8	14,4 - 21,6
E	$CH_{obj} \pm CH_{obj} \times 0,1$	9,0 - 11,0	12,6 - 15,4	16,2 - 19,8

Variación Admisible del Gradiente de Humedad

El gradiente de humedad se define como la diferencia entre el contenido de humedad en el centro de la pieza ($CH_{1/2}$) y el contenido de humedad en la superficie de la pieza ($CH_{1/6}$). Nuevamente, el punto de referencia para la calidad de secado respecto de los gradientes de humedad, corresponde al contenido de humedad objetivo (CH_{obj}). Si aparte de la variación del contenido de humedad promedio ($CH_{1/3}$), los gradientes de humedad son considerados importantes, entonces, deberá ser claramente indicado en el contrato. Los rangos admisibles para el CH en las clases de calidad de secado S, Q y E se detallan en el Cuadro 5.

Método

La evaluación del gradiente de humedad se lleva a cabo a través de mediciones sucesivas en la misma posición de la pieza a diferentes profundidades, previamente definidas. Para efecto de la primera lectura ($CH_{1/6}$), los electrodos del instrumento de medición son llevados a una profundidad de 1/6 del espesor de la pieza, con una

penetración mínima de 5 mm. La segunda lectura de ($CH_{1/3}$) se efectúa a 1/3 del espesor de la pieza, con el fin de proporcionar una estimación del contenido de humedad promedio. La lectura final de la pieza ($CH_{1/2}$) se realiza hacia el centro de la sección transversal.

Al momento de evaluar el gradiente de humedad, se debe considerar un número igual de lecturas tanto en madera de albura como de duramen, con el fin de tener una muestra representativa. Además, para cada pieza seleccionada se deberán registrar los tres valores de CH en un informe de control de calidad, para que sirvan como registro del procedimiento utilizado y muestren los resultados del control de calidad de secado.

Cuadro 5
RANGO ADMISIBLE PARA EL GRADIENTE DE HUMEDAD ($CH_{1/2}$ - $CH_{1/6}$)

Clase de calidad	90% de todos los gradientes ($CH_{1/2}$ - $CH_{1/6}$) deben ser iguales o menores a:	Ejemplos de diferencias máximas admisibles, si el CH_{obj} es:		
		10%	14%	18%
S	$CH_{obj} \times 0,4$	4,0	5,6	7,2
Q	$CH_{obj} \times 0,3$	3,0	4,2	5,4
E	$CH_{obj} \times 0,2$	2,0	2,8	3,6

Tensión Interna de la Madera

Los gradientes de humedad provocan tensiones durante el proceso de secado, originando grietas superficiales e internas que no pueden ser evitadas en los procesos normales de secado en cámara. Estas tensiones pueden aliviarse durante el acondicionamiento final del proceso, provocando una liberación de la mayor parte de las tensiones y reduciendo las diferencias de contenido de humedad entre la superficie y el centro de la pieza de madera.

En el proceso de secado, la tensión interna de la madera puede provocar graves problemas. Cuando la madera seca presenta tensiones internas y es cortada en forma paralela a la superficie, se pueden producir deformaciones instantáneas, como son el acanalamiento y otros defectos. Si además de las tensiones de secado, aún persisten gradientes de humedad en la sección transversal, las partes de la pieza cortadas longitudinalmente continuarán secándose, sufriendo deformaciones adicionales. El método para evaluar la tensión interna ha sido diseñado para aplicaciones prácticas, reflejando de manera precisa el comportamiento de la madera que presenta tensiones internas durante las etapas posteriores al secado y bajo las condiciones de uso final.

Método del laminado para la evaluación del grado de tensión interna de la madera.

La evaluación del grado de Tensión Interna de la madera, tanto por métodos cualitativos como cuantitativos, no sólo debe reflejar el comportamiento respecto a las deformaciones que sufre la madera, sino que debe incluir los efectos causados por los gradientes de humedad y las tensiones residuales en las etapas posteriores al proceso de secado.

El test de laminado ha sido específicamente diseñado para ser utilizado bajo condiciones industriales. Los resultados de este test están estrechamente relacionados con los resultados del método estándar de la prueba tenedor. El test de laminado puede ser realizado para una evaluación cuantitativa de los efectos causados por el tensionamiento interno, mientras que la prueba tenedor sólo permite una medición manual del tensionamiento de la madera. Para la evaluación de la tensión interna de la madera debe considerarse que:

1. En una carga o lote de madera nunca se detectará un nivel de tensionamiento interno uniforme, debido a las diferentes direcciones de corte que existen en el proceso de aserrado (tangencial o floreado, radial o cuarteado, y mixto), las cuales presentan distintos grados de tensionamiento. Piezas con aserrado tangencial y con un alto contenido de humedad presentarán una mayor tendencia a desarrollar tensiones que piezas cortadas radialmente. La evaluación de la tensión interna en maderas blandas y duras debe efectuarse considerando un número igual de piezas para corte floreado, cuarteado y mixto.
2. Las probetas para evaluar el grado de tensión interna deberán ser obtenidas desde la parte central y extremo superior e inferior de la pieza, a una distancia de no más de 300-500 mm desde los extremos basal y superior. Cada probeta de 15 mm de espesor debe estar libre de defectos, tales como nudos, bolsas de resina, etc.
3. Para cumplir con las especificaciones, se deberá cortar un mínimo de 18 probetas para las pruebas de tensionamiento interno con 1/3 de las muestras cortadas desde el extremo superior, 1/3 desde la base y el resto desde el centro de la pieza, para las tres direcciones de corte (Cuadro 6).
4. La evaluación del tensionamiento interno proporciona sólo una indicación de la actual distribución de tensión, ya que el efecto de la tensión residual sólo puede determinarse después de que los gradientes de humedad hayan sido reducidos o eliminados. Para lograr esto, las muestras deben ser previamente acondicionadas, en el caso de maderas blandas, por un período de 24 horas y para maderas duras, 48 horas.



Cuadro 6
NÚMERO MÍNIMO DE PIEZAS INDIVIDUALES SELECCIONADAS
ALEATORIAMENTE PARA PRUEBAS DE TENSIONAMIENTO INTERNO.

Tipo de aserrado	Extremo superior	Extremo basal	Centro
Floreado	2	2	2
Cuarteado	2	2	2
Mixto (45°)	2	2	2
TOTAL		18	

Método para la prueba del laminado

A partir de piezas seleccionadas al azar (Cuadro 6), se cortan secciones transversales de 15 mm de espesor. Se realiza un primer corte en un extremo de cada sección transversal y un segundo corte a 100 mm de distancia, dando origen a una muestra rectangular de 100 mm de ancho y una altura igual al espesor de la pieza. La probeta es posteriormente laminada en forma paralela a la superficie en la mitad de su espesor. Las dos piezas resultantes deben ser llevadas a condiciones climáticas controladas de humedad y temperatura (20 °C ±5 °C y 55% ±10%). Después del acondicionamiento, se inserta cuidadosamente una regla o cuña metálica calibrada en la separación de la probeta, la cual medirá la máxima abertura (Figura 1). El Cuadro 7 indica, para cada clase de calidad de secado, los límites establecidos y que no deben ser excedidos por el 90% de las muestras.

Mediante la fórmula que se indica a continuación es posible relacionar piezas con un ancho mayor o menor a los 100 mm, referidas al ancho de la pieza estándar de 100 mm.

$$\text{Abertura} = \frac{100}{\text{Ancho}_{\text{real}}} \times \text{abertura medida}$$

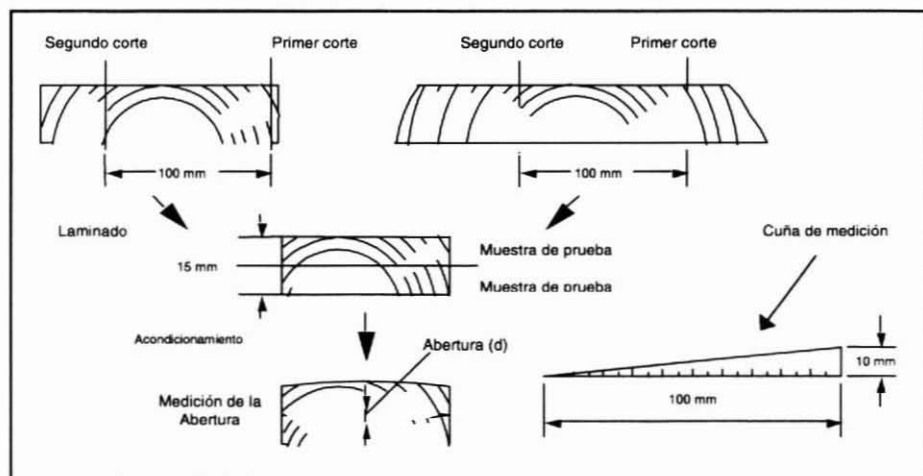


Figura 1. PRUEBA DE LAMINADO PARA EVALUAR EL GRADO DE TENSION INTERNA DE LA MADERA

Cuadro 7

GRADO DE TENSIONAMIENTO INTERNO ADMISIBLE DESPUÉS DEL ACONDICIONAMIENTO

Clase de calidad	El 90% de las probetas deberán presentar una abertura (d) menor a:
S	3 mm
Q	2 mm
E	1 mm

PARTE 3: CARACTERÍSTICAS ADICIONALES QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL SECADO DE LA MADERA

Aparición de Grietas

Las grietas provocadas por el secado, influyen en gran medida en la calidad del producto final. Durante la evaluación tanto de grietas y rajaduras, debe tenerse presente que no todas son causadas por inadecuadas condiciones de secado, sino que también se originan por características propias de la madera (Cuadro 8).

Cuadro 8
TIPOS DE GRIETAS

Grietas causadas por características propias de la madera.	Grietas causadas por condiciones inadecuadas de secado
Grietas en la médula	Grietas superficiales
Grietas causadas por fibra entrecruzada	Grietas en el centro
Pequeñas grietas en anillos	Grietas internas (pequeñas)
Grietas debido a tensiones de crecimiento	Grietas y rajaduras en el extremo

Grietas Originadas por Características propias de la Madera

- a) *Grietas en la médula*: Son grietas orientadas radialmente, visibles en la sección transversal de la pieza y que a menudo se extienden en un largo considerable en el sentido longitudinal. Comienzan en la médula y sólo existen en aquellas piezas que son cortadas en una zona cercana a ella (Figura 2). Este tipo de agrietamiento puede distinguirse fácilmente del agrietamiento superficial, ya que éstas son considerablemente más largas y se distribuyen en forma pareja a lo ancho de la pieza.

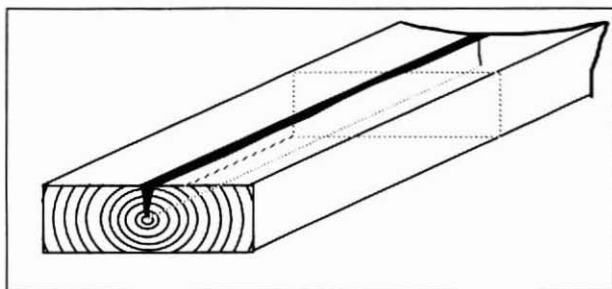


Figura 2. GRIETAS EN LA MÉDULA

- b) *Agrietamiento causado por fibra entrecruzada*: Las grietas en este caso se distribuyen en forma inclinada hacia el eje longitudinal de la pieza (Figura 3). Bajo suaves condiciones de secado, el agrietamiento por fibra entrecruzada se puede reducir hasta cierto punto, pero es difícil diferenciar entre el agrietamiento causado por condiciones de secado severas y aquél producido por la presencia de fibra entrecruzada.

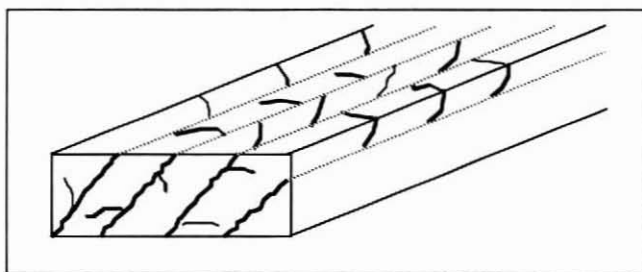


Figura 3. GRIETAS CAUSADAS POR FIBRA ENTRECruzADA.

- c) *Grietas en los anillos*: Son visibles en la sección transversal de la pieza, en la forma de una separación tangencial de los anillos de crecimiento, extendiéndose en el sentido longitudinal. En este caso, la grieta siempre aparece a continuación del anillo de crecimiento (Figura 4). Las grietas en los anillos se reconocen fácilmente de las grietas superficiales, ya que las primeras son más largas.

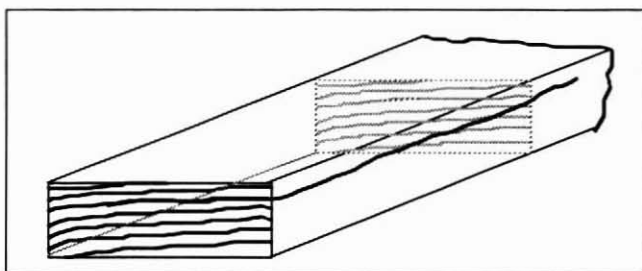


Figura 4. GRIETAS EN ANILLOS

- d) *Rajaduras provocadas por tensión de crecimiento o madera juvenil*: Algunas especies presentan una alta tendencia a desarrollar tensiones de crecimiento. La presencia de madera juvenil en maderas blandas provoca en el secado una mayor contracción longitudinal, generando una tensión que produce largas grietas longitudinales conocidas con el nombre de rajadura. Éstas aparecen en los extremos de la pieza y se diferencian de otras, ya que cubren todo el espesor de la pieza y son de gran tamaño (Figura 5). Estas rajaduras pueden ser reducidas con la aplicación de un vaporizado y un peso sobre las pilas de madera previo al secado.



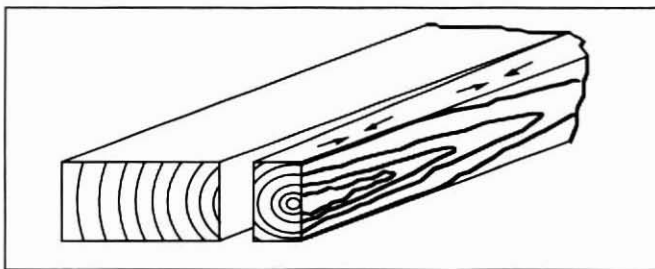


Figura 5. RAJADURAS CAUSADAS POR TENSIONAMIENTO INTERNO

Agrietamiento Causado por Condiciones de Secado Inadecuadas

La madera, por ser un producto natural, exhibe una gran variedad de propiedades que pueden generar algún tipo de agrietamiento durante el proceso de secado. Esto se debe a razones económicas, ya que no se puede secar la madera durante un largo período. Estas grietas pueden ser superficiales, internas y en los extremos, las que son descritas a continuación:

- a) *Grietas superficiales*: Se ubican en la cara más amplia de la pieza, orientadas a lo largo de los radios medulares, distribuyéndose en forma regular sobre la superficie de la madera. Estas grietas sólo abarcan pequeñas extensiones en el sentido longitudinal y pueden llegar a una profundidad considerable, aunque nunca en la forma de una rajadura. Su presencia sólo puede comprobarse cortando una delgada capa de madera paralela a la superficie de una probeta, donde en caso que existan grietas superficiales, la capa cortada se dividirá en varias partes (Figura 6).

En la evaluación de calidad serán aceptadas aquellas grietas superficiales de hasta 2 mm de profundidad, debido a que éstas serán removidas en el proceso de cepillado. La evaluación cuantitativa se realiza en base a la profundidad máxima (Cuadro 9).

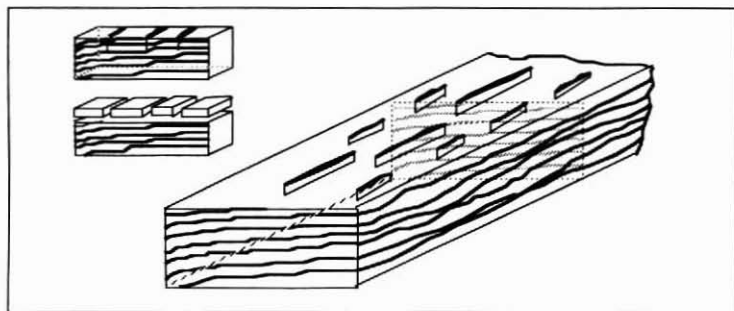


Figura 6. GRIETAS SUPERFICIALES Y SU DETECCIÓN

Cuadro 9
GRADO DE AGRIETAMIENTO DE SUPERFICIE

Grado de agrietamiento superficial	Máxima profundidad admisible para grietas superficiales
Grave	Profundidad mayor a 5 mm (cada cara)
Moderado	Profundidad entre 2-5 mm (cada cara)
Bajo	Profundidad menor a 2 mm (cada cara)

- b) Grietas en el centro de la pieza: Son una forma especial de grietas superficiales que aparecen generalmente en piezas aserradas tangencialmente (Figura 7). Para maderas blandas, este tipo de agrietamiento puede ser evitado mediante esquemas de secado especialmente adaptados, mientras que para maderas duras es difícil evitarlo. En este caso, el agrietamiento no puede ser considerado como un defecto del secado.

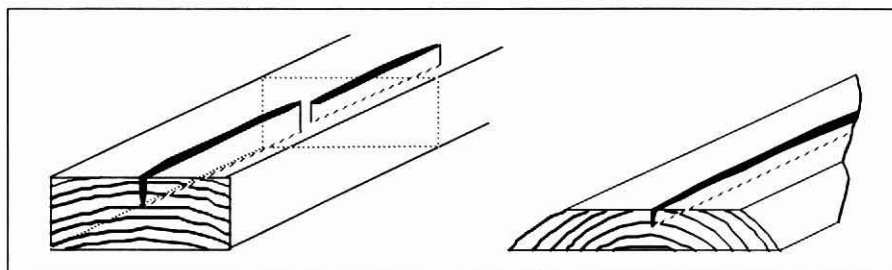


Figura 7: GRIETAS EN EL CENTRO DE LA PIEZA

- c) *Agrietamiento interno*: Estas grietas se producen al final del proceso de secado y se relacionan con piezas que han sufrido colapso. Su presencia siempre devalúa la madera en relación a su uso en aplicaciones de alta calidad (Figura 8). El agrietamiento interno no debe ser evaluado de acuerdo a su longitud o profundidad, sino que en relación a su frecuencia (Cuadro 10).

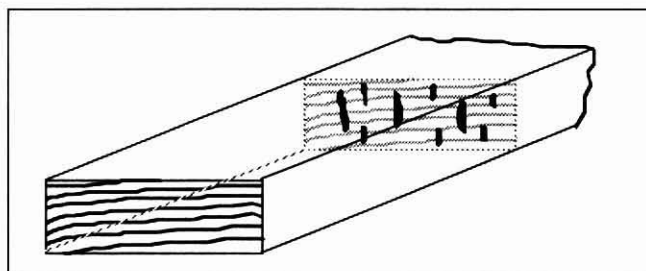


Figura 8. GRIETAS INTERNAS

Cuadro 10
GRADOS DE AGRIETAMIENTO INTERNO

Grado de agrietamiento interno	Porcentaje admisible de piezas con agrietamiento interno
Grave	Agrietamiento interno mayor que el 10% de la carga
Moderado	Agrietamiento interno entre un 2 - 10% de la carga
Bajo	Agrietamiento interno no es mayor al 2% de la carga

- c) *Grietas y rajaduras en el extremo*: Este tipo de defecto siempre comienza en el extremo de la pieza y es visible en la sección transversal, y su largo puede variar desde unos pocos milímetros hasta varios centímetros. Este tipo de grieta puede cubrir todo el espesor de la pieza como una rajadura, pero en ese caso el largo de la grieta es limitado (Figura 9).

Este agrietamiento puede ser evitado cubriendo el extremo de las piezas con pintura impermeable al vapor o cera parafina, previo al secado. Considerando que es difícil de evitar las grietas y rajaduras en los extremos, incluso bajo condiciones de secado muy benignas, es necesario que toda la madera reciba el tratamiento de recubrimiento anteriormente sugerido, particularmente aquellas especies de madera latifoliada que presenten un espesor mayor a 40 mm.

La evaluación cualitativa del agrietamiento y rajaduras de extremo difiere de la efectuada para el agrietamiento superficial y el agrietamiento interno, medidos como profundidad y frecuencia, respectivamente. Para este tipo de grieta son determinados el largo de la rajadura y la frecuencia. Los grados admisibles para grietas y rajaduras en los extremos se muestran en el Cuadro 11.

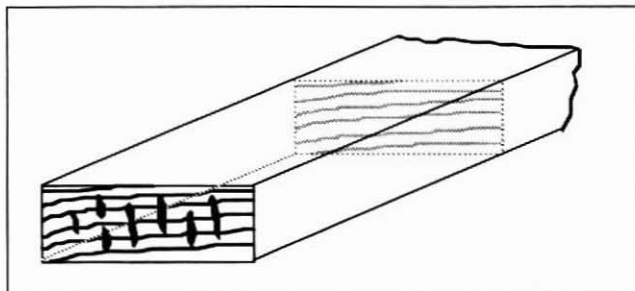


Figura 9: GRIETAS Y RAJADURAS EN LOS EXTREMOS

Cuadro 11

GRADOS DE AGRIETAMIENTO Y RAJADURAS EN LOS EXTREMOS.

Grado de agrietamiento y/o rajadura en los extremos	Porcentaje admisible de piezas con agrietamiento interno
Grave	Largo superior a 200 mm en más del 10% de la carga
Moderado	Largo entre 50-200 mm en más del 10% de la carga
Bajo	Largo no mayor a 50 mm en más del 10% de la carga

- d) Colapso: Se presenta como una rugosidad en la superficie durante los procesos de secado en cámara o al aire libre. A menudo se asocia con el agrietamiento interno y se reconoce porque las superficies de las piezas muestran un corrugado disperejo o una excesiva contracción (Figura 10). Se relaciona con ciertas especies como *Nothofagus* y *Eucalyptus*. El grado de rugosidad en una pieza puede ser evaluado estableciendo la diferencia, d_c , entre el espesor transversal mayor y menor de la pieza. El grado de rugosidad puede ser evaluado cualitativamente según los límites entregados en el Cuadro 12.

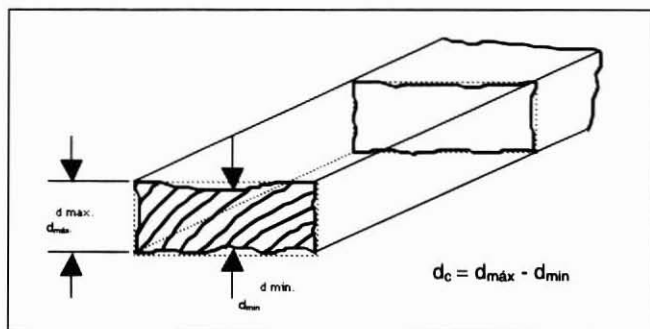


Figura 10: MÉTODO PARA LA EVALUACIÓN DEL COLAPSO

Cuadro 12

GRADO DE COLAPSO

Grado de Colapso	Reducción admisible del espesor, d_c , que representa el nivel de colapso
Grave	$d_c \leq 6$ mm (Principal pérdida de volumen después del cepillado)
Moderado	$d_c \leq 3$ mm (Removido por un cepillado intenso)
Bajo	$d_c \leq 2$ mm (Removido por un cepillado suave)

Manchas o Decoloraciones Producidas por el Proceso de Secado

Las manchas causadas por el proceso de secado se deben a variadas causas, no siempre indican un proceso de secado inadecuado, sino que su ocurrencia podría deberse a una mala elección de la cámara de secado.

Para comprobar si se han producido o no decoloraciones durante el secado, deben obtenerse muestras de referencia (secciones transversales de 15 mm de espesor) antes de que comience el proceso de secado. Estas muestras deben ser cuidadosamente secadas a bajas temperaturas de modo que no se produzcan cambios de color. Este procedimiento es necesario cuando se secan especies de alto valor.

Las manchas producidas en el proceso de secado pueden deberse a:

- Una mancha azul o moho superficial (causado por un secado deficiente previo al secado artificial).
- Cambios de color debido a la condensación del agua en la superficie de la madera
- Cambios de color debido a altas temperaturas de secado.
- Cambios de color provocados por un secado muy lento en madera con contenido de humedad sobre el punto de saturación de la fibra.
- Manchas producidas por separadores húmedos, sucios o inadecuados.

La determinación del grado de decoloración es muy difícil y, por lo tanto, sólo se presentan diferentes tipos de situaciones en esta Recomendación. La importancia de algún tipo de decoloración sólo dependerá del uso final en particular. Los contratos deberán especificar, qué tipo y cantidad de manchas son aceptables. Las siguientes observaciones pueden ser de utilidad en el caso que se especifique la presencia o ausencia de algún tipo de decoloración:

- Si las capas “superficiales” presentan una coloración más oscura que las capas internas de la madera, entonces la decoloración es de tipo Superficial.
- Si por el contrario, las capas superficiales de la madera son más claras que las capas “internas”, entonces la decoloración es de tipo Interna.
- Cuando toda la sección transversal de la pieza experimenta un cambio de color, entonces la decoloración es del tipo Homogénea.
- Cuando la sección transversal de la pieza presenta franjas que contrastan con el color de fondo de la sección, entonces la decoloración es del tipo No homogénea.

Deformaciones

Aunque la mayor parte de las deformaciones se produce en la madera aserrada durante el proceso de secado, el control y las condiciones de secado no siempre pueden asegurar que no ocurran. La “acanaladura” y la “róbica” son causadas de manera inevitable por la anisotropía de la contracción. Además, la arqueadura, encorvadura y torceduras son provocadas por propiedades inherentes a la madera, por ejemplo, presencia de madera juvenil, madera de reacción, fibra entrecruzada, entre otras, que, sin embargo, pueden verse influenciadas durante el proceso de secado.

PARTE 5: PROCEDIMIENTO Y FORMULARIOS DE CONTROL DE CALIDAD

Lista de Chequeo para Evaluación de Calidad de Secado

1. Inspección visual de la carga. Selección de pilas o paquetes para el muestreo
2. Abrir paquetes o pilas. Sacar muestras al azar
3. Colocar electrodos para medición del contenido de humedad
 - 3a) Determinar el contenido de humedad promedio en la pieza a 1/3 del espesor ($CH_{1/3}$)
 - 3b) Si se considera que las diferencias del contenido de humedad dentro de la pieza son importantes, todas las piezas deberán ser revisadas con respecto $CH_{1/6}$ (electrodos a una profundidad de 1/6 del espesor), luego el $CH_{1/3}$ y finalmente $CH_{1/2}$
4. En caso que sean necesarios cortes transversales, éstos deberán efectuarse a una distancia mínima de al menos 30 mm a partir del extremo de la pieza. El espesor de la pieza debe ser de 15 mm
 - 4a) Determinar el contenido de humedad a diferentes profundidades de la sección transversal
 - 4b) Revisar la sección transversal en relación a las grietas superficiales o internas. Determinar profundidad de las grietas superficiales
Evaluar la incidencia del agrietamiento interno
 - 4c) Evaluar la sección transversal respecto de decoloraciones o manchas
 - 4d) Evaluar la sección transversal, a fin de determinar la tensión interna
5. Continuar con 2) hasta que una cantidad suficiente de muestras haya sido revisada
6. El test de tensionamiento interno es llevado a cabo una vez que se hayan completado todas las mediciones. Cortar y retirar un extremo de la sección transversal mediante un cuchillo afilado. Ubicar el corte siguiente a una distancia de 100 mm del primer corte. Cortar la probeta en la mitad de su espesor (formando dos láminas). Las dos piezas resultantes deben ser llevadas a condiciones climáticas controladas de humedad y temperatura. Determinar la máxima abertura de separación después de 24 horas para madera blanda y 48 horas para madera dura
7. Realizar un informe acerca de todas las mediciones y sus resultados
8. Evaluar los resultados y determinar la calidad del secado
9. Tomar decisiones sobre rechazar o volver a secar una carga o lote

Formulario para evaluación del contenido de humedad (en preparación)

Formulario para evaluación de la tensión interna (en preparación)

Formulario para especificación de la calidad del secado (en preparación)

