

DIFERENTES ETAPAS DEL PROCESO DE SECADO

GRUPO TÉCNICO DE SECADO DE MADERAS (GT4)

Ing. Agr. Álvaro Pérez del Castillo (aperez@latu.org.uy)

Ing. Quím. Andrés Ono (aono@latu.org.uy)

Este artículo, apunta a ser una primera aproximación a lo que es el secado en horno convencional, describiendo en forma general las diferentes etapas o pasos que se deben seguir para realizar un correcto secado. Enfocaremos principalmente en lo que es el secado de *Eucalyptus grandis* debido a los grandes volúmenes de esta madera que hay en nuestro país y al desconocimiento de técnicas y programas de secado que existe a nivel nacional e internacional. Tradicionalmente, en el secado en hornos convencionales se describen diferentes etapas clásicas o normales que son comunes a todas las especies (Tuset y Duran, 1979).

Dichas etapas son:

- A) **Etapa preparatoria**
- B) **Etapa de secado**
- C) **Etapa de post-secado**

Por otra parte, se pueden realizar *tratamientos especiales* que son:

- a) **vaporizado previo al secado**
- b) **reacondicionamiento**
- c) **vaporizaciones cortas y periódicas**
- d) **esterilización**

A continuación, se hará una breve descripción de cada una de las etapas, poniendo mayor énfasis en los pasos que creemos que son fundamentales en el secado de *E. grandis*. Se mostrarán resultados de diferentes corridas realizadas en el laboratorio.

A) Etapa preparatoria:

En esta etapa, se comienza a suministrar calor y humedad a la madera y a los elementos en la cámara. Los objetivos son:

- 1) alcanzar las condiciones deseadas de temperatura y humedad relativa en el aire de la cámara;
- 2) homogeneizar la temperatura de todas las tablas de la carga. Hay autores que en dicha etapa buscan homogeneizar el contenido de humedad entre las tablas, cosa que creemos muy difícil de lograr en *E. grandis* ya que existe una gran variación del contenido de humedad inicial entre las tablas verdes. En la Figura N°1, se ilustra dicha variación de contenido de humedad en tablas recién cortadas de trozas verdes.

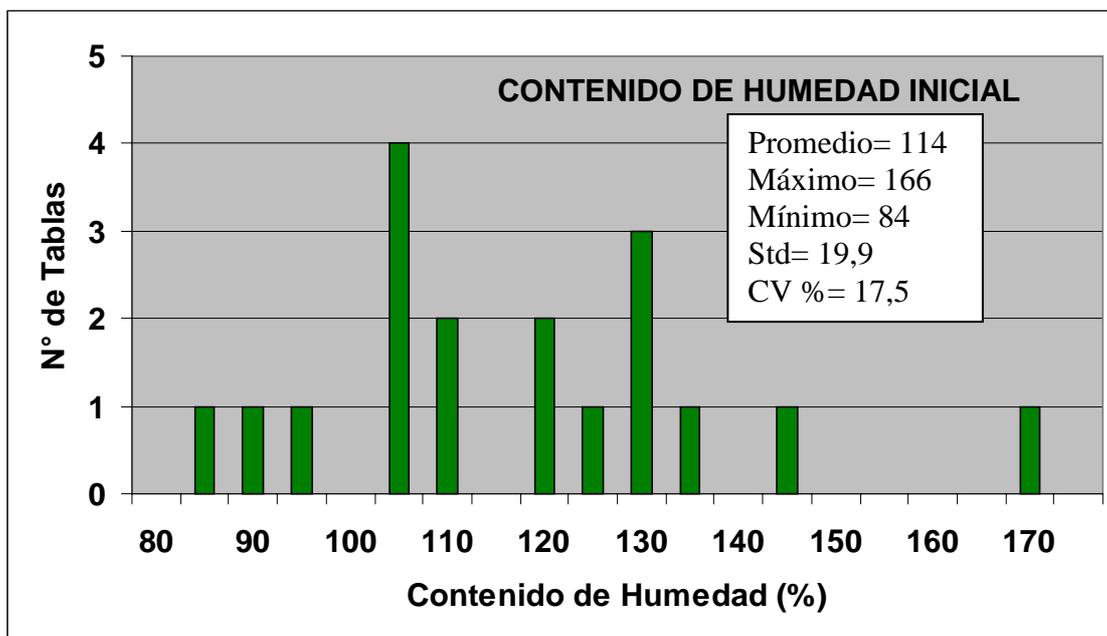


Figura N°1: Contenido de humedad inicial de tablas de *E. grandis* de 25 mm de espesor

B) Etapa de secado:

Es la etapa en donde se busca reducir el contenido de humedad de la madera, siguiendo la pauta previamente elegida, hasta lograr el contenido de humedad final deseado. Esta etapa normalmente es la más larga.

Para tablas de *E. grandis* de 25 milímetros de espesor y a modo de ejemplo, se pueden comenzar con temperaturas de bulbo seco/ bulbo húmedo del orden de los 45/42 °C cuando la madera está verde (por encima del 90% de contenido de humedad). A medida que la madera va perdiendo humedad, la temperatura del bulbo seco va aumentando pudiendo llegar a 70 °C y la diferencia entre termómetros (diferencia psicrométrica) también aumenta pudiendo llegar a 15 °C. Estas temperaturas generan humedades relativas que van desde 82% en las etapas iniciales, hasta 61% en las etapas finales. En lo que respecta a la velocidad del viento, cuando se está secando madera con alto contenido de humedad (> a 90%), en las etapas iniciales se deberán aplicar velocidades de viento extremadamente bajas (entre 0,2 y 0,5 m/s) para así evitar la formación de defectos importantes. Esto es algo que se debe tener muy en cuenta a la hora de comprar un horno de secado, ya que no todos los ventiladores nos permiten obtener velocidades de viento tan bajas, ya sea por regulación de las paletas o por calentamiento del motor. Para tablas de mayor espesor y por lo tanto más complicadas de secar, las condiciones en la etapa de secado deberán ser un poco menos severas. A modo de ejemplo, en tablas de 40 milímetros, no creemos recomendable alcanzar temperaturas superiores a los 65°C en las etapas finales del secado.

C) Etapa de post-secado:

En esta etapa se pueden realizar uno o más tratamientos buscando mejorar la calidad del proceso y a poner la madera en condiciones de reintegrarse a la atmósfera exterior sin sufrir perjuicios; estos tratamientos pueden ser: 1) *de igualación*;

2) *de acondicionamiento*;

3) *de enfriamiento*.

A continuación se describirán los diferentes tratamientos que se pueden realizar en la etapa de post-secado.

1) En lo que respecta al tratamiento de *igualación*, dicho paso tiene como objetivo homogeneizar el contenido de humedad de todas las tablas que componen la estiba. Creemos que este paso es fundamental en el secado de *E. grandis* ya que esta madera presenta una gran variación en el contenido de humedad inicial de las tablas verdes (Ver Figura N°1) Debido a esto, resulta difícil que una vez finalizada la etapa de secado las tablas presenten un contenido de humedad homogéneo entre ellas y es ahí cuándo se debe de realizar este tratamiento. Se inicia cuando la tabla más seca tiene un contenido de humedad 2 puntos porcentuales inferior al contenido de humedad final deseado. A modo de ejemplo, si nuestro objetivo es secar tablas a 10% de CH, la igualación comienza cuando la tabla más seca presente un 8% de CH y finaliza cuando la más húmeda presente un CH del 10%. El contenido de humedad de equilibrio dentro del horno en esta etapa deberá ser igual a la humedad de la tabla más seca (en este ejemplo 8%).

Para tablas de 25 milímetros de espesor, si buscamos obtener estibas homogéneas, esta etapa puede llegar a durar entre 2 y 3 días de duración.

2) El tratamiento de acondicionamiento tiene un doble objetivo que es el de reducir o eliminar las tensiones de secado entre la superficie y el interior de las piezas y por otro lado homogeneizar el contenido a través del espesor de cada tabla. Para *E. grandis* de 25 milímetros, la diferencia psicrométrica debe generar un contenido de humedad de equilibrio entre 2 y 3% mayor que la humedad final deseada. Para estas tablas, se observó que un día bajo estas condiciones puede ser suficiente para reducir tensiones (observación de peinetas) y homogeneizar el contenido de humedad dentro de las tablas.

3) Una vez que se realizan los tratamientos precedentes y se da por finalizado el secado, no conviene sacar la madera del horno inmediatamente ya que existe el peligro de reestablecer tensiones y por lo tanto conviene enfriar la madera lentamente dentro de la cámara.

Tratamientos Especiales

Dentro de los tratamientos especiales que se citan más arriba en este artículo, para el caso de *E. grandis* creemos que es de mucha utilidad la realización del tratamiento de reacondicionamiento. Este tratamiento da muy buenos resultados ya que elimina en gran porcentaje el colapso provocado en las primeras etapas del secado (Ver Figura N°2). En esta etapa se eleva la temperatura de los dos termómetros (bulbo seco y bulbo húmedo) a 100°C generando una humedad relativa dentro del horno de 100%. La duración de esta etapa puede ser de entre 4 y 6 horas para tablas de 25 mm y de entre 6 y 8 horas para tablas de 50 mm. En artículos posteriores, se detallará sobre el elevado costo energético de esta etapa.

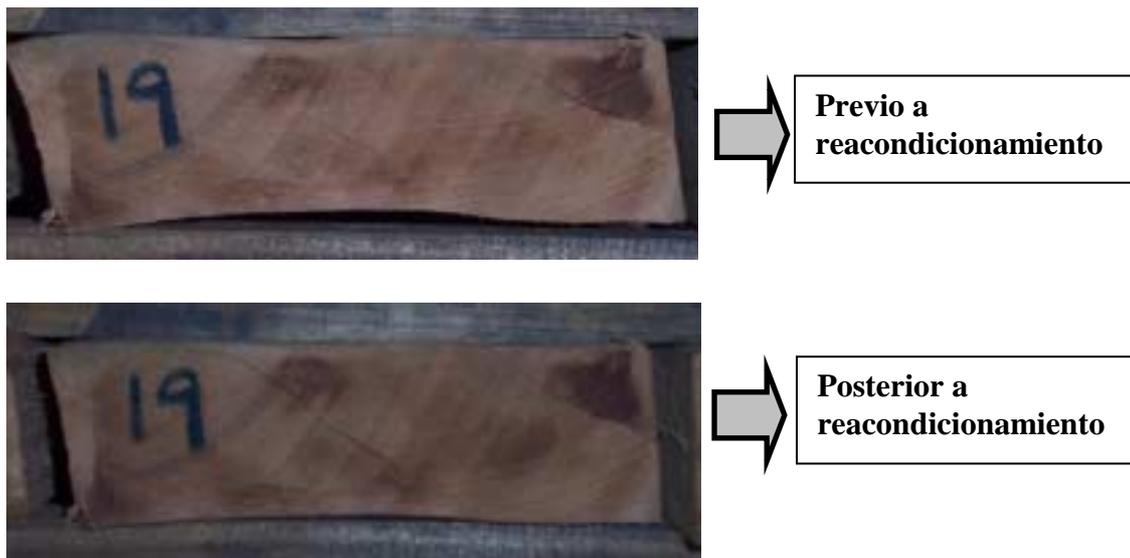


Figura N°2: Efecto de 8 horas de acondicionamiento en tablas de 50 mm de *Eucalyptus grandis* .

Es importante recordar que no todos los hornos que se venden comúnmente para secado de maderas logran alcanzar los 100°C, por lo tanto si se piensa realizar este tratamiento, se debe tener precaución en el momento de realizar la compra del horno. Por otra parte, si las características de construcción del horno no son adecuadas para este tratamiento, los materiales del horno acortarán su duración y se producirán defectos permanentes.

Con respecto a los otros tratamientos especiales, se están realizando investigaciones en lo que respecta al vaporizado previo (para acelerar el secado y lograr uniformizar el color) y vaporizaciones cortas y periódicas durante toda la etapa de secado (buscando eliminar tensiones de secado y menor porcentaje de defectos). En próximas notas técnicas se informará respecto a resultados obtenidos en estos tratamientos.

Términos técnicos:

• **Contenido de Humedad Inicial:** De las probetas obtenidas de tablas verdes (al momento de entrar al horno), se calcula éste contenido de humedad con la fórmula $CH(\%) = (\text{Peso Verde} - \text{Peso Seco}) / (\text{Peso Seco}) * 100$

• **Contenido de Humedad de Equilibrio:** es el contenido de humedad de la madera en el cual no cede humedad a la atmósfera ni incorpora humedad desde ésta en determinadas condiciones de humedad y temperatura.

• **Colapso:** reducción de dimensiones en una pieza de madera (por aplastamiento de los tejidos leñosos) que tiene lugar durante el proceso de secado antes de que éste llegue al punto de saturación de las fibras.

Conocimiento de la madera para usos prácticos

Dr. Sadaaki Ohta (sohta@latu.org.uy)

Contenido de humedad recomendado

La variación del contenido de humedad de la madera según la estación del año ha sido estudiada en algunos países como Japón, USA y Australia.

En Uruguay, el LATU ha llevado a cabo trabajos sobre la variación del contenido de humedad de equilibrio a la intemperie según la estación del año (para 6 departamentos).

Para el uso final de la madera es necesario considerar su contenido de humedad, de esta manera se minimizan problemas como la variación de dimensiones de la madera como consecuencia de la variación de humedad.

A su vez se evitan problemas de deformación de columnas y vigas, deformaciones, grietas y pandeos en pisos y agrietado de muebles.

El contenido de humedad de la madera para usos de exterior, depende principalmente de la humedad relativa del ambiente y de la exposición a la lluvia y el sol.

En el caso del contenido de humedad de la madera para usos de interior, este depende de la humedad relativa de los interiores que a su vez depende de fuentes de humedad, ventilación, dehumificación (aire acondicionado), calefacción y de las condiciones de humedad en el exterior.

Tabla: Contenido de humedad recomendado para productos terminados secados en horno.

Destinos y usos finales	Contenido de humedad al final del secado en horno (%)	Contenido de humedad de piezas en el procesamiento(%)	Contenido final de humedad de los productos (terminados) en uso (%)
Exportación para USA (zona Sureste)*	5	5-7	6-8
Muebles para interiores bajo condiciones de aire acondicionado	7	7-9	8-10
Muebles para interiores	10	9-10	11-15
Cajas para empaque de maquinaria	8	8-10	8-12
Materiales de construcción	15	15-19	12-20
Materiales de construcción para interiores	8	8-10	8-11
Artículos deportivos	10	9-14	10-15

*Nota:Contenido de humedad de equilibrio de la madera para usos de exterior en USA: Promedio 12 %, piezas individuales 9-14 %. En la zona Sureste: Promedio 9 %, piezas individuales 7-12 %.

Los productos terminados, instalados en sótanos o lugares bajo tierra pueden presentar contenidos de humedad mayores a los rangos citados; a su vez, la madera utilizada para techos y áticos puede presentar contenidos de humedad por encima o por debajo de los rangos citados. A pesar de esto los valores de contenido de humedad recomendados son utilizados como una guía útil para la producción.