

EL SECADO POR CALOR SOLAR DE LA MADERA ASERRADA: EXPERIENCIAS REALIZADAS EN EL INIA. II

(Continuación de la primera parte publicada en el número 144 de AITIM).

Por Juan Fernández-Golfín Seco
Humberto Álvarez Noves
Depto. Industrias Forestales CIT-INIA

METODOLOGIA DE LA EVALUACION

Para la evaluación de este secadero se realizaron diez experiencias simultáneas de secado solar y al aire. (tabla I).

Metodología del secado solar

Se realizaron cuatro experiencias preliminares, dos con pino radiata y dos con eucalipto, con el fin de optimizar el sistema de regulación.

Para estas experiencias se hizo uso del siguiente programa:

Contenido humedad (%)	Diferencial térmico (DT) (*C)	Humedad relativa (HR2) (%)
>30	-	65
30-20	+ 8	50
<20	+ 15	35

Al final de estas experiencias se puso de manifiesto la necesidad de aumentar la velocidad interior y la renovación del aire cuando la madera posea un contenido de humedad superior al 40%, así como de modificar el programa de secado.

Para conseguir estos objetivos se incorporó un segundo ventilador idéntico al primero, se retiró el recuperador de calor y se instalaron las trampillas con sus correspondientes rejillas de apertura automática. Con ello se consiguió que en la primera etapa del secado (por encima del 40% de contenido de humedad) de las posteriores experiencias la velocidad interior del aire ascendiera hasta 1,5 m/seg y que el caudal máximo de renovación de aire pasase de 346 m³/h a 2.500 m³/h.

Para la segunda etapa del secado se hizo uso de una velocidad de aire mitad de la anterior, motivo por el cual se dió orden de paro a uno de los dos ventiladores (VI).

En ambas etapas se consignó en el programa de secado una humedad relativa interior tal que para la temperatura seca media de las máximas diarias (tomadas a lo largo de un año), la depresión del bulbo húmedo diera, de acuerdo con la Ley de Stevens y las velocidades de aire anteriores, una velocidad de evaporación análoga a la requerida para idéntica especie de madera por una cédula de secado tradicional (Yoly y More-Chevalier, 1980).

En las fases finales de las experiencias preliminares efectuadas se puso de manifiesto la necesidad de elevar la temperatura seca interior del secadero tanto como fuera posible, motivo por el cual la regulación debía diseñarse con este fin. Dado que esta exigencia térmica crece conforme avanza el secado, se impuso una condición previa de funcionamiento, la del diferencial térmico con el exterior. De acuerdo con diversas experiencias efectuadas, se fijó este, como mínimo, en 5° C para la tercera etapa y en 10° C para la cuarta.

En lo que se refiere a la humedad relativa interior a consignar por el programa en estas últimas etapas, se escogió de forma que, de acuerdo con la temperatura seca exterior resultante a la media anual de

las máximas diarias, el intercambio de vapor de agua entre el interior y el exterior del secadero fuera mínimo. Con ello se consigue que las trampillas permanezcan cerradas la mayor parte del tiempo y que, en consecuencia, el aire interior recircule incrementando su temperatura seca.

Con el fin de simplificar al máximo la regulación, se agruparon las especies de madera en tres grupos de acuerdo con su conocida dificultad de secado (grupo 1, coníferas y frondosas blandas; grupo 2, frondosas semi-duras; grupo 3, frondosas duras o difíciles).

GRUPO 1				
Contenido humedad (%)	Humedad relativa (%)	Diferencial térmico (*C)	Humedad exterior (%)	Circulación de aire
>40	63 ± 5	-	<85	2 Vent.
40 - 30	63 ± 5	-	<85	1 Vent.
30 - 20	63	+ 5	<85	1 Vent.
20 - 10	45	+ 10	<85	1 Vent.
10 - 8	35	+ 10	<85	1 Vent.
GRUPO 2				
Contenido humedad (%)	Humedad relativa (%)	Diferencial térmico (*C)	Humedad exterior (%)	Circulación de aire
>40	72 ± 5	-	<85	2 Vent.
40 - 30	63 ± 5	-	<85	1 Vent.
30 - 20	63	+ 5	<85	1 Vent.
20 - 10	45	+ 10	<85	1 Vent.
10 - 8	35	+ 10	<85	1 Vent.
GRUPO 3				
Contenido humedad madera (%)	Humedad relativa interior (%)	Diferencial térmico (*C)	Humedad exterior (%)	Circulación de aire
>40	81 ± 5	-	<85	2 Vent.
40 - 30	72 ± 5	-	<85	1 Vent.
30 - 20	63	+ 5	<85	1 Vent.
20 - 10	45	+ 10	<85	1 Vent.
10 - 8	35	+ 10	<85	1 Vent.

Al final de cada experiencia se realizó un equilibrado final de dos días de duración y un apilado en macizo durante una semana.

BIBLIOGRAFIA

Aleón, D. (1978). Utilisation de l'énergie solaire dans le séchage du bois. CTB Nov. 78 14 pp.

Álvarez Noves, H.; Gujarró, A. (1984). Variación anual de la humedad de equilibrio de la madera de uso exterior en España. comunicación INIA, serie recursos naturales.

Chen, P.Y.S. (1981). Design and tests of a 500 bf solar kiln. Forest Products Journal 31(3): 33-38.

Eckelman, C.A.; Baker, J.L. (1976). Heat and air requirements in the kiln drying of wood. Purdue University, Agricultural Experiment Station. Research bulletin n° 933.

Joly, P.; More-Chevalier, F. (1980). Theorie, pratique et économie du séchage des bois. Editions H. Vial.

Oliveira, L. C.; Skaar, C.; Wengert, E. M. (1982). Solar and air lumber drying in winter in Virginia. Forest Products Journal 32 (1): 37-44.

Plumptre, R.A. (1979). Simple solar heated timber dryers design, performance and commercial viability. Commonwealth Forestry Review 58 (4); 243-251.

Plumptre, R.A. (1985). Solar drying kilns for sawnwood. Forest Products Abstracts 8(2): 33-45.

Prins, A.F. (1981). Oxford solar kilns research: 1978-79. Commonwealth Forestry Review 60(3): 187-196.

Scheider, A.: Engelhardt, F.; Wagner, L. (1979). Comparative investigations on air drying and solar drying of lumber under Central European weather conditions. Part 1 Experimental plant and test results. Holz als Roh- und Werkstoff 37(11): 427-733. Part 2 Results in the second year of investigation, findings and conclusions. Holz als Roh- und Werkstoff 38(1): 313-320.

Simpson, W.T.: Tschernitz, J.L. (1984). Solar dry kiln for tropical latitudes. Forest Products Journal 34(5): 25-34.

Skaar, D. (1977). Energy requirements for drying lumber. Practical applications of solar energy to wood processing. Workshop Proceedings. Virginia Tech. Madison. Forest Research Society.

Troxell, H.E.; Mueller, L. A. (1968). Solar lumber drying in the Central Rocky Mountain region. Forest Products Journal 18(1): 19-24.

Tschernitz, J.L.: Simpson, W.T. (1979). Solar heated, forced air, lumber dryer for tropical latitudes. Solar energy 22: 563-566.

Wergert, E.M. (1971). Improvements in solar dry kiln design. USDA Forest Service. FPL research note FPL-0212.

Win Kyi (1983). Predicting drying times of some Burmese woods for two types of solar kilns. M. Sc. Thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University. USA.

Yang, K.C. (1980). Solar kiln performance at a high latitude, 48 °N. Forest Products Journal 30(3): 37-40.

Metodología del secado al aire

Al mismo tiempo que se realizaba al secado solar y con la misma especie y en dimensiones se desarrollaron experiencias de secado al aire con el fin de comparar las marchas del secado por ambos métodos.

Criterios de evaluación

Los criterios seguidos para la evaluación del modelo fueron:

- Duración del secado
- Contenido final de humedad
- Calidad del secado
- Consumo eléctrico
- Condiciones de Ty HR dentro y fuera del secadero
- Eficiencia del modelo

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados habidos en las diez experiencias realizadas pueden verse recogidos en las tablas 1 y 2.

Se realizaron dos tipos diferentes de experiencias: las previas, constituidas por las cuatro primeras, y cuya finalidad era optimizar el modelo y el método de regulación; las definitivas, las seis últimas, para explotar el modelo y analizar su viabilidad.

La elección de la época, especie y espesor se hizo siguiendo un plan previo que, por comparación de resultados, permitía sacar conclusiones acerca de las variables del método. Las variables consideradas son:

- Especie de madera
 - Espesor
 - Época
 - Contenido inicial y final de humedad
- Respecto de la especie, la comparación de las experiencias 8 y 9, y 5 y 6 permite deducir que aunque el secado solar de frondosas es más lento y caro, es más rentable (comparativamente con el secado al aire) que el de coníferas.

Comparando los resultados de las experiencias 7, 8, 9 y 10, se llegó a idéntica conclusión acerca del espesor, siendo el secado solar, comparativamente con respecto al secado al aire, tanto más rentable conforme mayor sea el espesor empleado.

La influencia de la época puede analizarse comparando los resultados habidos en las experiencias 1 y 3, observándose que aunque el secado solar es de 4 a 5 veces más rápido en verano que en invierno, comparativamente con respecto al secado al aire, es más rentable en invierno.

El contenido inicial de humedad influye ya que el método solar resulta ser más rápido que el método al aire tan sólo a partir del 70-80% de contenido de humedad. La influencia del contenido final de humedad es especialmente marcada por debajo del 20% de contenido de humedad, y tanto más acusada conforme mayor es el contenido de humedad final deseado.

La calidad de la madera secada por el método solar, siguiendo regulación propuesta, es superior a la del secado al aire en lo que afecta a fendas, tanto internas como externas, y contenido final de humedad. Esta calidad es, además, comparable, si no superior a la obtenida por el método tradicional en cámara.

Cálculo de eficiencias

Otro factor a considerar en la evaluación del modelo es el de su eficiencia, definiéndola como el cociente expresado en tantos por ciento entre el trabajo útil

desarrollado (EI) y la energía suministrada (EG).

$$E = (EI/EG).100$$

En esta expresión EI y EG se calculan como sigue:

$$EI = (Q + Q_1).M$$

donde:

Q : Calor latente de vaporización, en Kcal/kg
 Q₁ : Calor diferencial de sorción, en Kcal/KG
 M : Masa de agua eliminada, en Kg.

$$EG = EGS + EGL + EGV$$

donde:

EGS : Energía solar ganada, en Kcal.
 EGL : Energía eléctrica consumida por el secadero, en Kcal.
 EGV : Energía ganada por conducción y convección en la 1ª etapa (>40%), en Kcal.

Para calcular EGV es necesario haber registrado el diferencial térmico (DT) durante la primera etapa del secado. Dado que esto no se hizo en las experiencias preliminares, en la tabla 3 figura EGV separado de EG, calculándose EG como sólo de EGS y EGL. De los resultados habidos (tabla 3) se deduce que la eficiencia crece conforme lo hace la facilidad del secado, siendo 3 veces mayor en verano que en invierno; 1,6 veces mayor con espesores de 27 mm que con espesores de 55 mm y 3-4 veces más eficiente en la primera fase del secado que en la segunda.

CONCLUSIONES

El método solar, comparado con el método de secado al aire, ha resultado ser más rápido desde un contenido de humedad de la madera del 70-80%, siendo 1,3 a 3,5 veces más rápido (considerando un contenido final de humedad del 20%).

Por otra parte, ha demostrado ser capaz de bajar en todas las épocas del año el contenido de humedad de la madera hasta el 10%, e incluso menos, extremos estos imposibles para el secado al aire del período Mayo-Septiembre.

En cuanto a calidad del secado, esta es muy superior a la obtenida por el método al aire, e incluso en cámara, no presentando tensiones internas de importancia debido a los mini-equilibrados nocturnos que se producen.

En cuanto a los aspectos económicos del secado, es de destacar que la cantidad de Kwh consumidos por Kg de agua evaporada es, aproximadamente, la décima parte de la habida por el método tradicional en cámara, lo que nos habla de la rentabilidad económica frente a este método.