

COSTOS DEL SECADO POR DESHUMIDIFICACION. Gastón Cubillos Cardemil, Ingeniero Civil, U. Católica. Departamento Industrias, División Regional, Instituto Forestal. Barros Arana 121. Concepción - Chile.

INTRODUCCION

El secado por deshumidificación comenzó a difundirse a partir de la década del 70 como una alternativa de minimizar los costos de operación de secadores tradicionales, debido al continuo incremento en los precios de los combustibles y a la alta inversión inicial en equipos.

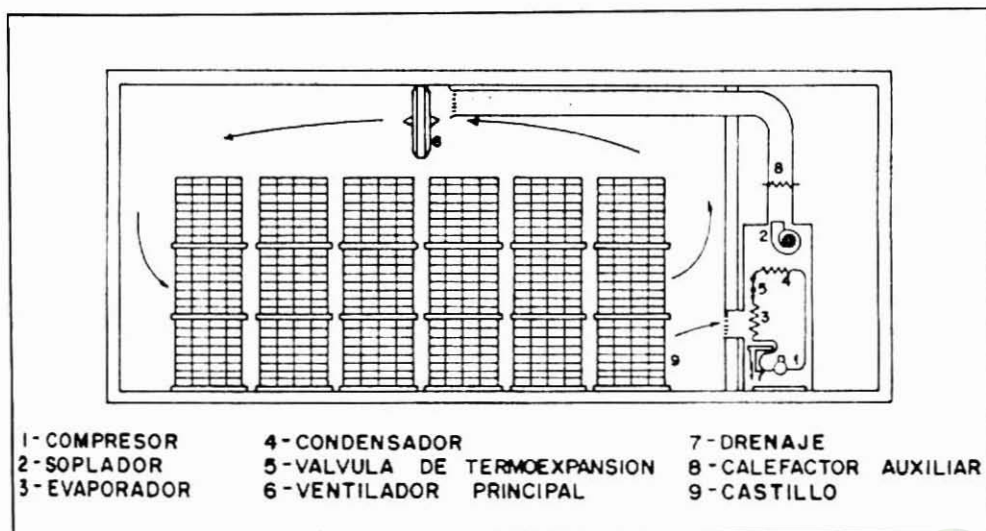
En un secador convencional los sistemas de calentamiento por vapor, humidificador, sistema de control y ventiladores se encuentran ubicados independientemente, mientras que en un secador por deshumidificación prácticamente todo está concentrado en una sola unidad, en donde se lleva a cabo el calentamiento del aire, la eliminación del agua de la madera al exterior y el control de las variables temperatura y humedad relativa.

Se complementa el conjunto con ventiladores de refuerzo ubicados en la parte superior del secador, dependiendo del tamaño y cantidad de ellos, de la capacidad y largo de la cámara. Esto permite mantener una velocidad de circulación adecuada a través de la madera y en un solo sentido, dada la irreversibilidad del flujo por las características del diseño. La Figura 1 muestra el esquema básico del funcionamiento de un secador por deshumidificación.

La utilización de unidades de secado por deshumidificación en Chile se ha extendido principalmente a la pequeña y mediana industria de productos elaborados, como fábricas de puertas y ventanas, fábricas de muebles, líneas de producción de molduras y similares, y unidades productoras de vigas laminadas. Además, se han estado utilizando en los últimos años

FIGURA 1

ESQUEMA BASICO DEL FUNCIONAMIENTO DE UN SECADOR POR DESHUMIDIFICACION



para maderas nativas de relativo fácil secado, como es el caso de la Lenga (*Nothofagus pumilio*), destinadas a la exportación.

Una cuantificación, sin pretensiones de un censo riguroso, permite establecer una capacidad física estimativa de alrededor de 1.000 m³, obtenidos de 25 unidades de deshumidificación, cuyas capacidades fluctúan entre 10 y 100 m³, distribuidas en 10 unidades ubicadas en la Región Metropolitana, 12 en la zona Sur (Puerto Montt, Aysén y Punta Arenas), más 3 unidades, por lo menos importadas durante este último año.

Las marcas de estos secadores son de origen europeo, tales como los secadores FISHER, SEMABOIS, CEAF e INCOMAC, sin establecer un orden de importancia.

Considerando una capacidad instalada de secado en el país de aproximadamente 15.000 m³, se tiene que el secado por deshumidificación alcanza casi el 7% del total e incrementándose poco a poco.

La opinión generalizada de los usuarios en relación a esta técnica, se refiere a las ventajas que presenta como facilidad de operación, el no requerir de calderas, y un costo atractivo de adquisición.

Sin embargo, también se tiene la opinión de una falta de flexibilidad para adaptarse a ciertas condiciones que se ajusten a la especie y los largos tiempos de secado.

Este último aspecto no se ha considerado como relevante, pues las exigencias y/o demandas por madera seca en el país no son muy importantes. Esto se debe, principalmente, a que existe un desconocimiento por parte de los usuarios de la madera en cuanto a las bondades que este material seco presenta.

Es importante mencionar que, prácticamente, en todas las unidades mencionadas no se efectúa un control de calidad del secado al término del proceso, no se llevan planillas de control como para determinar el costo operacional de dicho proceso, existiendo un gran desconocimiento al respecto.

Sin embargo, se ha detectado preocupación en este sentido, especialmente en aquellos centros de producción que utilizando esta técnica han derivado hacia la exportación de especies nativas.

METODOLOGIA

Para determinar los costos operacionales del secado por deshumidificación se utilizaron cuatro especies madereras, a saber, Pino Radiata (*Pinus radiata* D. DON), Coigüe (*Nothofagus dombeyi* (MIRB.) OERST.), Tepa (*Laurelia philippiana* LOOSER) y Lenga (*Nothofagus pumilio* (POEPP. ET ENDL.) KRASSER) y en espesores de 25 y 50 mm.

Cabe hacer notar que los costos obtenidos son válidos para las condiciones específicas del secador utilizado en la experiencia (secador por deshumidificación marca SEMABOIS, modelo R 300), los cuales se pueden adoptar cuando se utilicen equipos similares en cuanto a capacidad, características técnicas, rangos de temperatura y humedad relativa de operación, energía utilizada, etc.

El estudio de los costos operacionales se desarrolla en dos etapas. La primera de ellas considera el ciclo de secado desde el contenido de humedad inicial (verde) hasta el punto de saturación de las fibras (P.S.F.) y la segunda desde el P.S.F. hasta el contenido de humedad final de la madera deseada.

Además, se determinó la producción física resultante de cada ciclo de secado, para cada una de las dos etapas anteriormente señaladas. Para un determinado ciclo de secado (una especie y un espesor), la producción física del secador se expresa de la siguiente forma:

a) Tiempo de secado: Es la medición del tiempo que transcurre desde el inicio del secado a un contenido de humedad H_i hasta uno final H_f , para una determinada especie y espesor, cuya unidad de medición es la hora.

b) Volumen de madera seca: Es la carga máxima que se puede introducir en la cámara de secado, medida en metros cúbicos, de acuerdo a una norma técnica de encastillado, en función del largo y del espesor de las piezas de madera a secar, y del espesor de los listones separadores.

c) Cantidad de agua eliminada: Es la medición del volumen de agua (expresado en metros cúbicos), que se elimina a través del drenaje de la unidad de secado. Permite conocer la eficiencia del equipo.

d) Humedad disminuida: Es la medición de la variación de humedad (en %) a lo largo del ciclo de secado y permite observar la permeabilidad de la especie en estudio de acuerdo a las condiciones que la unidad de secado le impone a la cámara.

e) Energía consumida: Es la medición de la energía eléctrica (en KWH) que se consume en cada etapa del ciclo de secado.

La relación entre las diferentes formas en las cuales se expresa la producción física permiten obtener los coeficientes técnicos, o indicadores propios del equipo, los que prestan utilidad para detectar la eficiencia y características técnicas de la tecnología del secado por deshumidificación.

Los coeficientes técnicos que interesan son los siguientes:

a) Tasa de secado: Es el cociente entre la humedad disminuida y el tiempo de secado, cuya medición es %/hr. Es la que realmente permite observar la permeabilidad de la especie en estudio.

b) Tasa de extracción: Es el cociente entre la cantidad de agua eliminada y el tiempo de secado, cuya unidad de medición es m³ agua/hr.

c) Tasa de consumo energético: Es el cociente entre el consumo de energía durante el ciclo de secado y la producción física del secador durante dicho ciclo. De acuerdo a ello, para un mismo ciclo de secado, se pueden obtener varias tasas de consumo energético, tales como:

- KWH/hr de secado
- KWH/m³ de madera seca
- KWH/% de humedad disminuido
- KWH/m³ de agua eliminada

d) Tasa de producción: Es el cociente entre el volumen de madera seca obtenida en un ciclo de secado y el tiempo de secado; cuya unidad de medición es m³ madera/hr.

Para obtener los costos del secado por deshumidificación se consideraron como servicios a costear, cada uno de los ciclos de secado en estudio, a saber:

- Pino Radiata de 25 mm de espesor
- Pino Radiata de 50 mm de espesor
- Coigüe de 25 mm de espesor
- Tapa de 25 mm de espesor
- Tapa de 50 mm de espesor
- Lenga de 25 mm de espesor
- Lenga de 50 mm de espesor

Para cada uno de ellos se determinaron los costos directos del proceso, pues los indirectos serán propios de la empresa que posea o desee instalar este tipo de unidad de secado. Los costos directos que se determinaron son los siguientes:

- Energía eléctrica
- Mano de obra
- Mantenimiento de la unidad
- Depreciación de la unidad

Los costos indirectos que deben tomarse en cuenta para el costeo total del secado, son, entre otros, los siguientes:

- Servicios (Luz, agua, teléfono, etc.)
- Administración (Contabilidad, etc.)
- Personal de planta (Secretaria, vigilantes, etc.)
- Seguros
- Interés bancario
- Publicidad
- Permisos y derechos

Para determinar los costos directos, se utilizaron planillas que permitieron calcular consumos y asignaciones por ciclo de secado, coeficientes de consumo, producción física del ciclo de secado, costo total del ciclo de secado y costo unitario del secado.

RESULTADOS

Los coeficientes técnicos de los ciclos de secado estudiados, que se obtuvieron para la Etapa 1 (Hi a P.S.F.) son los que se indican a continuación:

CICLO DE SECADO	Tasa de Secado (% H/hr)	Tasa de Extracción m ³ agua/hr	KWH/hr de Secado	TASA DE CONSUMO ENERGETICO			Tasa de Producción m ³ madera/hr
				KWH/m ³ de Madera	KWH/% de humedad disminuido	KWH/m ³ de agua eliminada	
Pino Radiata 25 mm	0,446	0,0187	6,22	67,67	13,96	332,62	0,0919
Pino Radiata 50 mm	0,312	0,0131	4,54	135,81	14,55	346,56	0,0335
Coigüe 25 mm	0,111	0,0032	3,99	768,57	35,95	1.246,88	0,0052
Tepa 25 mm	0,153	0,0053	5,58	254,18	36,47	1.052,83	0,0219
Lenga 25 mm	0,169	0,0061	6,06	104,94	35,86	993,44	0,0577
Lenga 50 mm	0,070	0,0017	5,99	182,03	85,57	3.523,53	0,0329

Con respecto a la Etapa 2 (P.S.F. a H_f), los coeficientes técnicos de los ciclos de secado estudiados obtenidos son:

CICLO DE SECADO	Tasa de Secado (% H/hr)	Tasa de Extracción m ³ agua/hr	KWH/hr de Secado	TASA DE CONSUMO ENERGETICO			Tasa de Producción m ³ madera/hr
				KWH/m ³ de Madera	KWH/% de humedad disminuido	KWH/m ³ de agua eliminada	
Pino Radiata 25 mm	0,150	0,0064	6,64	92,67	44,28	1.035,06	0,0717
Pino Radiata 50 mm	0,108	0,0045	11,23	219,42	103,98	2.495,56	0,0512
Coigüe 25 mm	0,032	0,0009	3,29	267,68	102,81	3.655,56	0,0123
Tepa 25 mm	0,093	0,0032	6,88	188,22	73,98	2.150,00	0,0366
Tepa 50 mm	0,066	0,0023	5,04	168,35	76,36	2.191,30	0,0299
Lenga 25 mm	0,092	0,0033	5,46	132,78	59,35	1.654,55	0,0411
Lenga 50 mm	0,033	0,0016	4,64	253,80	140,61	2.000,00	0,0183

A partir de los datos obtenidos en las Planillas N° 1 para cada ciclo de secado, y los coeficientes técnicos se terminaron los costos operacionales directos del secado por deshumidificación de las 4 especies estudiadas, en espesores de 25 y 50 mm. Dichos costos se entregan en función de la producción física del secador.

a) Costo Total del Ciclo de Secado

CICLO DE SECADO	DURACION (días)	CONT. HUMEDAD		COSTO POR ETAPA		COSTO
		Inicial (%)	Final (%)	Etapa 1 $H_i - PSF$ (\$)	Etapa 2 $PSF - H_f$ (\$)	TOTAL $H_i - H_f$ (\$)
Pino Radiata 25 mm	8,9	69,3	9,6	15.937,9	21.321,1	37.259,0
Pino Radiata 50 mm	17,7	105,5	11,2	36.167,3	41.785,1	77.952,4
Coigüe 25 mm	64,0	147,6	12,9	139.316,3	53.640,7	192.957,0
Tepa 25 mm	9,0	30,5	10,4	-,-	39.171,1	39.171,1
Tepa 50 mm	26,0	81,5	8,9	56.221,0	38.910,0	95.131,4
Lenga 25 mm	13,7	53,1	12,3	22.687,5	29.986,9	52.674,4
Lenga 50 mm	28,0	44,6	13,8	39.065,4	60.811,5	99.876,9

b) Costo por m³ de madera seca

CICLO DE SECADO	VOLUMEN A SECAR (\$/m ³)	COSTO POR ETAPA		COSTO
		Etapa 1	Etapa 2	POR METRO
		$H_i - PSF$ (m ³)	$PSF - H_i$ (\$/m ³)	CUBICO (\$/m ³)
Pino Radiata 25 mm	8,6	1.853,2	2.479,2	4.332,4
Pino Radiata 50 mm	8,6	4.205,5	4.858,7	9.064,2
Coigüe 25 mm	5,6	24.877,9	9.578,7	34.456,6
Tepa 25 mm	7,9	-,-	4.958,4	4.958,4
Tepa 50 mm	7,9	7.116,6	4.925,3	12.041,9
Lenga 25 mm	7,9	2.871,8	3.795,8	6.667,6
Lenga 50 mm	7,9	4.945,0	7.697,7	12.642,7

c) Costo por m³ de agua eliminada

CICLO DE SECADO	AGUA ELIMINADA (\$/m ³)	COSTO POR ETAPA		COSTO
		Etapa 1	Etapa 2	POR METRO
		$H_i - PSF$ (m ³)	$PSF - H_i$ (\$/m ³)	CUBICO (\$/m ³)
Pino Radiata 25 mm	2,52	9.197,4	27.680,8	14.785,3
Pino Radiata 50 mm	4,13	10.753,8	54.678,2	18.886,6
Coigüe 25 mm	3,82	40.890,0	129.504,3	50.495,1
Tepa 25 mm	0,69	-,-	56.385,6	56.385,6
Tepa 50 mm	2,51	29.528,0	64.314,0	37.916,1
Lenga 25 mm	1,48	27.154,4	46.839,9	35.699,4
Lenga 50 mm	1,11	96.434,0	85.421,4	89.656,1

d) Costo por % de Humedad disminuida

CICLO DE SECADO	COSTO POR ETAPA			COSTO POR METRO CUBICO (\$/m ³)
	AGUA ELIMINADA (\$/m ³)	Etapa 1 H _i - PSF (m ³)	Etapa 2 PSF - H _i (\$/m ³)	
Pino Radiata 25 mm	59,7	382,2	1.184,5	624,1
Pino Radiata 50 mm	98,3	451,5	2.295,9	785,1
Coigüe 25 mm	134,7	1.160,0	3.674,0	1.432,5
Tepa 25 mm	20,1	- - -	1.948,8	1.948,8
Tepa 50 mm	72,6	1.020,4	2.223,4	1.310,3
Lenga 25 mm	40,8	982,1	1.694,2	1.291,0
Lenga 50 mm	30,8	2.339,2	4.312,9	3.442,8

DISEÑO DE UN BANCO DE MEDICION DE DEFECTOS DE MADERA ASERRADA.

Martín Pavón H., Ingeniero Civil Mecánico. Departamento Industrias, División Regional. Instituto Forestal. Barros Arana 121, 3er. Piso. Concepción - Chile.

INTRODUCCION

La madera aserrada presenta generalmente diversos defectos geométricos, atribuibles a diferentes causas, algunas de ellas inherentes al proceso de producción, tales como: aserrío, secado, encastillado, etc.

Es de interés para las empresas que producen madera, cuantificar cada uno de estos defectos con el propósito de clasificar la madera en diferentes grados, ya sea por aspecto o por resistencia; y a su vez realizar controles de calidad de su producción, especialmente posterior al secado.

El Instituto Nacional de Normalización a través de su Norma Nch 992 especifica la forma de medir los defectos de la madera. Sin embargo en dicha norma no se explicita, el