

Revisión bibliográfica de secaderos solares para madera

Nelli Silvana S. ^{a,*}, Mantulak Mario J. ^a, Feltan Corina M. ^b, Bresciani, Julio C. ^a

^a Laboratorio GTEA, Departamento Matemática, FI-UNaM, Juan Manuel de Rosas 325, Oberá, Misiones, Argentina.

^b Departamento de Física, FI-UNaM, Juan Manuel de Rosas 325, Oberá, Misiones, Argentina

E-mails: sofiasnelli@gmail.com, mantulak@fio.unam.edu.ar, feltan@fio.unam.edu.ar,

juliocesarbresciani@yahoo.com.ar

Resumen

El presente trabajo está enfocado en estudiar el proceso de secado artificial de madera aserrada, utilizando un secador que aproveche la energía solar.

Primeramente, se detalla brevemente el proceso de secado de madera y las variables a tener en cuenta, luego se expone una investigación de los diferentes métodos, en particular el secado natural, el secado en cámara convencional y el secado en cámara utilizando energía solar térmica.

Posteriormente se realiza una investigación de los desarrollos que se llevan a cabo en la zona centro de Misiones en particular en la ciudad de Oberá y en algunas partes del mundo sobre los secadores solares de madera y las mejoras que se realizaron al sistema tradicional.

Palabras Clave – Secador solar, Energía Solar, Secado artificial de Madera, Aserradero, Madera de Pino.

1. Introducción

Una de las actividades más importantes desarrolladas en la provincia de Misiones es la industria forestal. En el año 2011, aproximadamente el 50% de la producción nacional de madera en sus diversas formas, provino de la provincia de Misiones según datos del Ministerio de Hacienda de la Provincia de Misiones [1]. Además de esto, la provincia es una de las que posee la mayor superficie implantada del país según el Ministerio de Hacienda [2].

En la provincia de Misiones existen 438 empresas en el sector, según el censo Foresto industrial. De las cuales, 58 se hallan en el departamento de Oberá, lo que representa casi el 13% del total de la provincia. Y en la zona centro (Oberá y regiones aledañas) 209, lo que representa el 47.7% del total de la provincia. [3]

En Oberá, la mayoría de las micro y pequeñas MiPyMEs a nivel local, que se dedican al aserrado de madera, no cuentan con el equipamiento necesario para el secado artificial de la misma; las que disponen de secadores de este tipo (son las de mayor porte), poseen secadores que utilizan calderas para generar vapor, de esta manera secan la madera con energía térmica, de acuerdo a Brázzola *et al* [4]. Estos sistemas son costosos de instalar, [5] además se debe considerar el gasto generado por la utilización del combustible de la caldera y al quemar dicho combustible se generan gases contaminantes. [6]

Realizar el secado de madera de manera natural, posee varios inconvenientes, como ser: la alta dependencia de la empresa al factor climático, estacional, tiempos de secado. Lo que conlleva a

*Autor en correspondencia.

pérdidas económicas por parte de la misma, ya que no se puede asegurar a los clientes el suministro de madera seca, provocando una discontinuidad en la producción del aserradero [4]. La madera secada de esta manera, no suele lograr el grado de humedad necesario para alcanzar la estabilidad dimensional que se requiere para su utilización final, en especial si esa es para muebles u otras aplicaciones de interior. [7] Al tener un contenido de humedad superior al debido, la madera perderá el agua, hasta llegar a su equilibrio. Esto provoca que las dimensiones de las maderas disminuyan generando fallas en las uniones, desprendimientos, grietas, etc. [8]

Por lo que se pretende estudiar el secado artificial de madera aserrada, proveniente de bosques implantados en la provincia de Misiones, utilizando energía solar. El uso de estos secadores se está estudiando en la región, pero aún no está ampliamente implementado. Existen, por ejemplo, un secador solar híbrido en la zona de Dos de Mayo.

Es evidente que se necesita valerse de métodos económicos y de bajo impacto ambiental para realizar el secado de madera. Ya que, en la mayoría de los casos, los aserraderos no están dispuestos a incrementar sus costos, ni a realizar grandes inversiones, a no ser que estas inversiones incrementen sus ingresos a futuro, o se vean en la obligación de cumplimentar legislaciones vigentes.

Otra problemática que se presenta, es que debido al incorrecto secado de la madera se produce un daño estructural que modifica sus propiedades y apariencia. Lo que conlleva grandes pérdidas económicas debido a la disminución de la calidad de la madera.

Una alternativa para paliar esta situación es realizar el secado de madera mediante secadores solares. Por lo que, en este trabajo, pretende presentar una revisión bibliográfica sobre el secado solar de la madera. El mismo se realiza como parte de una investigación realizada en el marco del desarrollo del trabajo de tesis de la Maestría en Ingeniería de la Energía de la Facultad de Ingeniería. Además, se encuadra dentro del proyecto de investigación denominado "Estadística aplicada a la gestión tecnológica e innovación en pequeñas empresas de manufactura", el cual se encuentra circunscripto como proyecto perteneciente al Laboratorio de Gestión Tecnológica y Estadística Aplicada (GTEA) de la Facultad de Ingeniería de la UNaM.

2. Desarrollo

2.1. Secado de Madera

Un punto importante a analizar es el proceso de secado de madera. Como se sabe la madera recién aserrada (madera verde) contiene un alto porcentaje de humedad, por lo que es conveniente realizar un proceso de secado antes de su utilización. Este proceso trae muchas ventajas como ser disminución de peso y volumen, lo que facilita su transporte, mejora de las propiedades de resistencia, excepto la resistencia al impacto, disminuye la aparición de hongos y el ataque de insectos. También, al ser secada hasta los niveles correctos de humedad, la madera es más estable en cuanto a cambio en sus dimensiones.

El agua puede encontrarse en la madera de tres formas: Agua libre (en las cavidades celulares), agua higroscópica (en las paredes celulares), agua de constitución (forma parte de la estructura química de la madera). Cuando comienza el proceso de secado primeramente se pierde el agua

libre, por lo que las dimensiones de la tabla no varían, luego comienza a secarse el agua higroscópica y comienza a disminuir las dimensiones de la madera. Si bien el secado total no es posible, en el laboratorio, puede llegarse a un punto donde el peso se mantiene constante y no varía más el contenido de humedad, el porcentaje de humedad residual es el agua de constitución.

Se definen tres etapas de secado. En la primera, se evapora el agua de la superficie de la tabla, y la velocidad de evaporación se mantiene constante ante condiciones externas constantes. En la segunda fase, comienza en el punto crítico (que se explicará más adelante) en esta fase la velocidad de secado disminuye, ya que la difusión superficial no es continua y comienza a difundirse a menor velocidad la humedad desde las capas internas. La última fase comienza en el punto de saturación (o punto de intersección, que es cuando comienzan a modificarse las dimensiones de la madera) y finaliza cuando la pieza alcanza el equilibrio higroscópico (que es cuando el nivel de humedad de la madera es tal, que la misma no cede humedad al ambiente, ni recibe humedad del mismo).

A partir de esto puede verse que existen tres factores fundamentales a tener en cuenta en el proceso de secado de madera, estos son: la velocidad del aire, la temperatura y la humedad relativa.

En este proceso de secado, independientemente del proceso por el que se lleve a cabo, la velocidad en que se mueve la humedad de la madera es diferente en las distintas direcciones, por ejemplo, es 10 o 15 veces mayor en la dirección longitudinal que en las direcciones radiales o tangenciales. De la misma forma es mayor en la dirección radial que en la tangencial.

Otro concepto fundamental a tenerse en cuenta es el gradiente de humedad, es decir la diferencia en el porcentaje de humedad de los distintos puntos de la madera. Como se explicó anteriormente, la humedad superficial se evapora primeramente por lo que habrá en un momento una humedad menor en la superficie que en el interior de la madera, posteriormente esta humedad pasará a la superficie por difusión. Este gradiente de humedad es conveniente para el secado, pero si es muy importante (es decir, si el secado es muy acelerado) puede acarrear inconvenientes como ser endurecimiento superficial y debido a los diferentes esfuerzos a los que es sometida la madera pueden aparecer grietas superficiales en la misma, rajaduras, grietas internas alabeos, y colapso, dependiendo de la intensidad del gradiente de humedad y las características de la madera a secar. A partir de estos dos factores, surge el denominado punto crítico (combinación de características de secado que pueden provocar la aparición de defectos). [9]

2.2. Tipos de secado

Existen diversos métodos de secado de madera, como ser: secado solar, por radiofrecuencia, secado al vacío, secado a altas o bajas temperaturas, secado al aire con circulación forzada, secado al aire libre, con radiaciones de ultrasonido, infrarrojos, microondas, secado convencional, entre otros. [10] Aquí se explicarán brevemente el secado al aire libre el secado convencional y el secado solar.

El secado al aire libre, consiste en secar la madera en las condiciones naturales externas, sin ninguna edificación, excepto por las bases para el apilado de madera y los separadores. [11] Este sistema de secado posee diversos inconvenientes, como ser la cantidad de tiempo que demanda, depende de muchas variables como la cantidad de luz solar, la velocidad del viento, la humedad relativa ambiental, entre otras. [12]

El secado en cámaras convencional trabaja con temperaturas media/altas, cuentan con una caldera (en la zona son alimentadas mayormente con madera y residuos de aserraderos) que calientan agua entre 90°C y 100°C aproximadamente, esta agua caliente va por intercambiadores de calor (serpentinadas) distribuidos en el interior de la cámara, además poseen ventiladores con los que se realiza la ventilación forzada de aire caliente en el recinto. Las ventajas que presenta este sistema es que realiza el secado de la madera de una forma rápida y puede ser controlado. Las desventajas son, como ya se mencionó, el alto costo de instalación, mantenimiento, la producción de gases contaminantes liberados al ambiente (por la quema de combustibles), entre otros.

El secado solar es un secado artificial que se realiza en un recinto cerrado, donde se aprovecha la energía solar térmica para realizar el secado de la madera. Una de las principales ventajas de este sistema es el menor consumo energético, y costo de instalación, que una cámara de secado convencional. Pero la desventaja que presentan es que el secado se desarrolla más lentamente que en una cámara de secado convencional.

2.3. Antecedentes

Como se mencionó anteriormente, la mayoría de los aserraderos de nuestra región realizan el secado de madera directa al sol, o poseen sistemas de secado artificial mediante cámaras convencionales de secado. Ya se mencionaron los inconvenientes de la utilización de ambos métodos.

La implementación del secador solar, es una posible opción económica para el grupo de pequeños aserraderos que no poseen acceso a otro tipo de tecnología apropiada. Además, se debe tener en cuenta que la energía solar es una fuente libre y limpia de suministro de energía sin influencia destructiva para el medio ambiente. [13]

La utilización de la energía solar térmica en aplicaciones industriales es cada vez más frecuente, [14] por lo que también en la actualidad, existen diversos trabajos relacionados con secadores solares. A continuación, se citan algunos de ellos y la información que se consideró pertinente comentar acerca de la investigación.

En la provincia de Misiones en el año 2017, docentes de la Universidad Nacional de Misiones, de la Facultad de Ingeniería, presentaron en el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) un manual de construcción y operación de un secador solar-biomasa para el secado a pequeña escala de hortalizas, hierbas aromáticas y plantas medicinales [15]. En el mismo año otros docentes del departamento de Ingeniería Industrial y el departamento de Física de la Facultad, presentaron un trabajo al “X Simposio Internacional de Ingeniería Industrial” sobre un Secador solar demostrativo para madera. Donde se propone la construcción de dicho secador en un aserradero de la región. [4]. Cuya obra no se encuentra finalizada en la actualidad; pero, en el marco de este proyecto se realizó un prototipo de secador solar híbrido que se halla en la Facultad de Ingeniería.

Según el trabajo de Luna et al., [16] ha habido una evolución en estos sistemas de secado, por ejemplo, en el aislamiento de los secadores solares, lo que produce una reducción en las pérdidas, debido a la mejora en los materiales utilizados. También se explican algunos sistemas de almacenamiento de energía lo que permite que el secador solar pueda funcionar por más tiempo a

pesar de que la radiación solar no sea intensa. También Ugwu et al., analizan la utilización de un lecho de piedra pintada de color negro, como mejora de un secador solar, ya que permite absorber y conservar el calor. [17]

Otro trabajo que se estudió fue realizado en Sierra Juárez, Oaxaca. Este trabajo describe detalles de diseño y construcción de un prototipo de secador solar para madera aserrada construido en esa región, comenta sobre los ensayos realizados y concluye que las maderas secada de esta manera presentaron menor grado de humedad (entre un 11 % y un 12%) que la secada al aire libre. (entre 17% y 18%). Y además poseían menor cantidad de defectos. [18].

En la Facultad de ciencias Químicas, Universidad de Cuenca, se desarrolló un trabajo en el que se realizó el análisis del uso de un secador solar de madera en la ciudad de Cuenca. Se estudió el diseño, funcionamiento y costos del equipo. Además, realizó una comparación con los sistemas convencionales de secado. Y concluye que el secador solar requiere menor costo de instalación y mantenimiento, no consume combustibles fósiles, entre otros. [6]

3. Conclusiones

La realización de la presente investigación posibilitará efectuar un estudio sobre el secado de madera con el método de secado natural y compararlo con el secado artificial con energía solar mediante el prototipo de secador solar. Obteniendo de esta manera, una caracterización de ambos tipos de secado para madera de pino.

Existen diversos estudios en el mundo sobre este tipo de secado, se exponen métodos para la mejora del sistema y para el aumento de su rendimiento, como ser el aislamiento de los secadores solares para reducción en las pérdidas, mejora en los materiales utilizados, sistemas de almacenamiento de energía que permite que el secador solar pueda funcionar por más tiempo a pesar de que la radiación solar no sea intensa. Se analiza la utilización de un lecho de piedra pintada de color negro, como mejora de un secador solar, que permite absorber y conservar el calor.

Algunos trabajos describen detalles de diseño y construcción de prototipos de secador solar para madera aserrada. Se concluye que las maderas secada mediante secador solar presentaron menor grado de humedad (entre un 11 % y un 12%) que la secada al aire libre. (entre 17% y 18%). Y además poseían menor cantidad de defectos.

Referencias

- [1] Ministerio De Hacienda Informe Sintético de Caracterización Socio-Productiva. (2017)
- [2] Ministerio de Hacienda Informes productivos provinciales. Misiones, enero 2018. Doi: 10.2307/377238.
- [3] Dirección Nacional de Desarrollo Foresto Industrial. Censo nacional de aserraderos. Misiones. (2018)
- [4] Brázzola, R., Brandt, C., Mantulak, M., Edgardo, S. y Katogui, A. Secadero Solar Demostrativo para Madera. (2017)
- [5] Juan Quintanar Olguín, Martha Elena Fuentes López y Juan Carlos Tamarit Urías. Evaluación Económica de un

Secador Solar para Madera. (2010)

- [6] Ing. Raúl Oswaldo Contreras Vidal Análisis del uso de un Secador Solar para Madera en la Ciudad de Cuenca. Universidad de Cuenca. Facultad de Ciencias Químicas. (2017).
- [7] Bond, B., Espinoza, O. y Araman, P. Diseño y Operación de un Secador Solar de Madera para Países Tropicales. (2012)
- [8] Enrique Martínez-Pinillos Cueto. Diseño y ensayo de un secador solar para madera. *Madera y Bosques* 3 (1997)
- [9] Rinaldo Tuset, Fernando Durán. Manual de maderas comerciales, equipos y procesos de utilización.
- [10] Fredy Muñoz Acosta, Secado de Madera aserrada. *Revista forestal Costa Rica*. 2018
- [11] Rafael Córdoba Foglia. Conceptos básicos sobre el secado de madera. *Revista forestal Costa Rica* 2005.
- [12] Fabrizio Ciurlo. Conceptos básicos del secado de madera.
- [13] Majid Azizi, Nemat Mohebbi, Fabio De Felice. Developing a rating model for selection solar wood drying location. (2016)
- [14] S. Mekhilef, R. Saidur, A. Safari. A review on solar energy use in industries. (2011)
- [15] Senn, J. y García, S. V Secaderos solar-biomasa. *Posadas*. (2017)
- [16] D. Luna, J.-P. Nadeau, Y. Jannot. Solar timber kilns: State of the art and foreseeable developments. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 13 (2009) 1446–1455
- [17] S.N. Ugwu, B.O.Ugwuishiwi, O.V.Ekechukwu, H.Njoku, A.O.Ani. Design, construction, and evaluation of a mixed mode solar kiln with black-painted pebble bed for timber seasoning in a tropical setting. (2015)
- [18] Herrera-Bolaños, O., Aquino, F., Santiago-García, W. y Sarmiento-Bustos, D. «Secador solar: Una Alternativa de Bajo Costo para Secar Madera Aserrada en la Sierra Juárez, Oaxaca», (November) (2017).