

IMPLEMENTACION DE UN SENSOR DE HUMEDAD PARA USO EN HORNO AUTOMATIZADO DE SECADO EN LA MADERA GUADUA AGUSTIFOLIA KUNTH¹

Implementation Of A Humidity Sensor In An Automatic
Oven For Drying Purposes Of Agustifolia Guadua Kunth
Wood Type

José Ricardo Franco V²

Recepción: Junio 7 de 2011

Aceptación: Agosto 11 de 2011

RESUMEN

Este artículo presenta la implementación de un sensor de humedad superficial para la automatización de un horno en el proceso de secado de madera guadua.

Este sensor de humedad opera sin necesidad de ocasionar daños en el material y se emplea especialmente para medir la humedad en las estrechas paredes del tallo de la guadua, ya que esta madera es muy propensa a fracturas, rajaduras y daños por su espesor ocasionando pérdidas en el material.

PALABRAS CLAVE

Guadua angustifolia kunth, sensor, humedad relativa, secado de madera

ABSTRACT

This article presents the process of implementing a superficial sensor for humidity, in the automation of a furnace which will be used for timber bamboo type of wood drying purposes.

This humidity sensor operates without causing damage to the material and is used especially for measuring humidity in the narrow walls of the stalk of bamboo, as this wood tends to fracture, cracks and damage due its thickness causing loss of material.

KEY WORDS

Guadua angustifolia Kunth, sensor, relative humidity, dry wood

¹ Artículo resultado de la investigación Secado de Madera, Guadua Agustifolia Kouth. Universidad La Gran Colombia. Seccional Armenia.

² Investigador Institucional, Universidad la Gran Colombia, Seccional Armenia, Colombia. ricardofranco@ingenieros.com

INTRODUCCION

Durante mucho tiempo el hombre ha empleado diversas técnicas para determinar el valor de variables físicas o mecánicas sin exponer su integridad o simplemente para acelerar un proceso. Por esta razón el uso de sensores y transductores es indispensable en un proceso automático para secado de madera. Las variables físicas que intervienen de forma crítica en el secado artificial de madera son la temperatura, humedad relativa y velocidad del viento; estas a su vez dependen, para cada etapa del proceso, del contenido de humedad en las piezas de madera.

En maderas como el roble y pino se usan sensores tipo aguja para medir la resistencia presente en la pieza de madera y por ende estimar un valor de humedad.

En la guadua este mismo proceso al tener que realizar perforaciones en la pieza, el aumento de temperatura, produce rajaduras y fracturas en el material.

HORNO DE SECADO

Un horno para secado de madera presenta varios procesos que conducen a obtener rápidamente un producto con el contenido de humedad deseado y sin deformaciones. Los factores que condicionan el secado de la madera son la temperatura, la humedad relativa del aire, la velocidad y presión del aire. Cada uno de estos factores depende, dentro del programa de secado, del contenido de humedad en la madera (CH) y para controlar de forma apropiada cada factor se tiene un sistema que permite alterar los valores de la variable controlada.

Por lo anterior, un horno para secado de madera, cualquiera que sea su principio de funcionamiento, debe contar con los siguientes elementos mínimos:

- Un sistema de ventilación que provoque la ventilación natural o forzada del aire.
- Un sistema de calefacción que proporcione calor a la cámara.
- Un sistema que permita la variación de la humedad relativa del aire.
- Dispositivos de control para variar las condiciones climáticas dentro del horno.

Esta propuesta se enfocara en el sensor de humedad para madera guadua, que hace parte de uno de los dispositivos de control mas importantes en el proceso de secado.

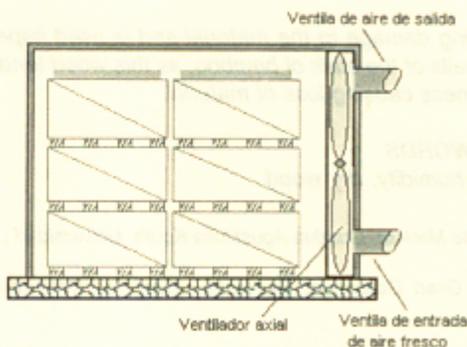


Figura 1. Secador convencional con ventilador lateral grande.

Sensores de temperatura

En un horno para secado de madera es necesario un control preciso de la temperatura para evitar grietas, rajaduras o deformaciones causadas por sobrecalentamientos. Las temperaturas por debajo del máximo permitido en cada una de las etapas del proceso, representan un aumento significativo en el tiempo de secado. Mediante variaciones controladas de temperatura, que dependen del contenido de humedad en la madera, se obtienen un producto de excelente calidad sin alterar sus propiedades mecánicas.

Los sensores utilizados para detectar la temperatura real dentro del horno son del tipo resistivos, conocido como RTD (resistance temperature detectors) fabricados con materiales metálicos como el platino o el níquel. Estos dispositivos se basan en la variación normal que experimenta la resistencia de un conductor metálico puro con la temperatura, como resultado del cambio de su resistividad y sus dimensiones.

Debido a la temperatura de trabajo (máximo 80°C) y precisión necesaria, se utilizarán detectores de temperatura RTD, con coeficiente de temperatura positivo (PTC), fabricados en platino, que presentan una sensibilidad, estabilidad y repetibilidad muy altas, con una respuesta lineal entre -250°C hasta +850°C. Los sensores utilizados normalmente, son de tipo sonda o aguja y recibe el nombre de PT100 y presenta un valor nominal de resistencia (R_0) de 100 Ω a 0°C y a 100°C es de 138.5 Ω .

El comportamiento de los sensores resistivos PT100 empleados, dentro del rango de temperaturas de operación, se describe a continuación mediante los valores de resistencia de salida para cada temperatura en aumento y en decremento. Los datos se muestran en las tablas 1 y 2, y el comportamiento está graficado en las figuras 2. y 3.

El procedimiento para caracterizar los sensores resistivos PT100, es el siguiente:

- Calentar agua en una estufa con control de temperatura.
- Medir permanentemente la temperatura por medio de un termómetro calibrado de mercurio¹.
- En las escalas establecidas, medir y registrar la resistencia de salida de cada sensor.
- Graficar el comportamiento de los sensores. (Resistencia vs. Temperatura)

¹ La calibración se realiza mediante sustancias químicas que regulan y liberan partículas almacenadas en la parte metálica del termómetro.

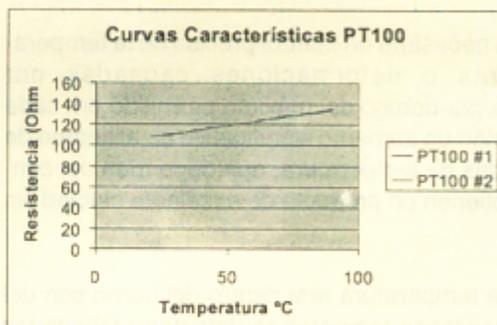


Figura 2. Curva características de los sensores de temperatura resistivos PT100, con temperatura en aumento.

Temperatura °C	Resistencia con temperatura en aumento PT100 # 1 en Ω	Resistencia con temperatura en aumento PT100 # 2 en Ω
21	108,2	108,5
25	109,7	110,2
30	111	111,4
35	112,9	113,2
40	114,9	115,1
45	116,7	117
50	118,6	118,9
55	120,7	121
60	122,6	122,9
65	124,6	124,9
70	126,7	127,9
75	128,6	129,1
80	130,4	131
85	132,4	133,1
90	134,3	135,1

Tabla.1 . Datos obtenidos con temperatura en aumento para los dos sensores resistivos.

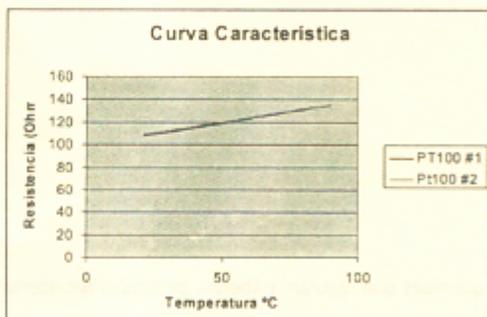


Figura 3. Curva características de los sensores de temperatura resistivos PT100, con temperatura en decremento.

Temperatura °C	Resistencia con temperatura en decremento PT100 #1 en Ω	Resistencia con temperatura en decremento PT100 #2 en Ω
90	135,1	135,1
85	134,5	133,1
80	133	131,3
75	131	129,5
70	129,3	127,5
65	127	125,6
60	125,1	123,6
55	123	121,7
50	121	120
45	119,2	117,9
40	116,7	115,9
35	114,9	114,1
30	113,1	112,3
25	111,3	110,3
21	109,4	108,8
	107,9	

Tabla 2. Datos obtenidos con temperatura en decremento para los dos sensores resistivos.

Como se puede observar el comportamiento de los sensores es similar, con una variación lineal ante cambios en la temperatura de operación, dentro del rango de temperatura establecido.

Estos sensores requieren una etapa adicional de acondicionamiento de señal, para obtener diferencias de voltaje proporcionales a las variaciones resistivas del dispositivo. La señal entregada por el acondicionador debe ser apta para ser procesada por el equipo de control de manera exacta y confiable. Es por esto, que los acondicionadores de señal son una parte vital de los sistemas de adquisición de datos, que, en general, es el proceso de convertir un fenómeno físico, en este caso la temperatura, en una señal eléctrica y medir esta última con el fin de extraer información para presentarla, registrarla o actuar sobre un proceso. En este caso, la conversión del fenómeno físico en una señal eléctrica es realizada por el sensor PT100.

Sensor o Sonda para Medir Contenido de Humedad

Durante el proceso de secado es fundamental conocer, de manera permanente, el contenido de humedad real en la carga de madera. Conociéndose esta característica de la madera se puede aplicar un programa de secado estableciendo la temperatura y humedad relativa dentro del secadero, de tal forma que el proceso se lleve a cabo en el menor tiempo posible y sin causar sobretensiones en las piezas.

Las sondas empleadas normalmente para determinar el contenido de humedad real de forma constante, durante cada etapa del proceso de secado, están fabricadas

en un material metálico y terminan en electrodos tipo aguja aislados en toda su longitud excepto en la punta, como se muestra en la figura 4. Esto se hace con el fin de conocer un valor más preciso, pues a través de la sonda se hace circular una corriente DC que viaja por las fibras de la madera húmeda; en la superficie de la pieza de madera se encuentra concentrada el agua libre lo que permite que la corriente circule con mayor facilidad por esta zona, indicando mayor humedad en la pieza y por tanto en la carga de madera.

Cuando la madera está eliminando agua (etapa intermedia del secado), la humedad en la superficie es menor que en el centro de la pieza lo que crea un gradiente de humedad, de esa manera la corriente aplicada por medio de los electrodos se conduce principalmente por el centro de la pieza. Una lectura apropiada que permita conocer el contenido de humedad real en la madera, consiste en promediar dos lecturas en la misma pieza, una realizada en el centro de la pieza y otra a 1/3 de la superficie

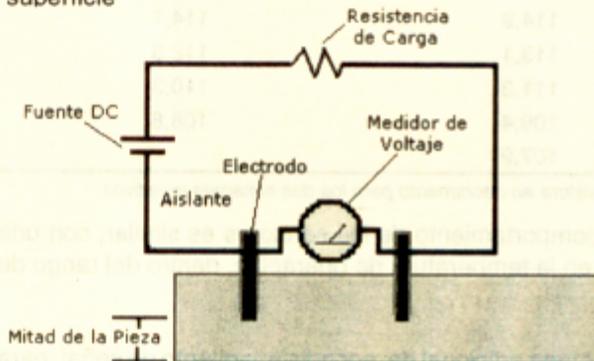


Figura 4. Conexión de electrodos para determinar contenido de humedad.

Para el caso de la madera guadua el sensor se implemento prácticamente en un cambio de forma, de punta a barra alargada y colocándola en los extremos del tronco de la pieza.

Para este cambio se tubo en cuenta que la guadua debe ser cortada cuando su porcentaje de humedad es menor, que es en menguante y en horas de la madrugada, para obtener un material de mejor calidad, resistente a los insectos, fracturas u otro tipo de daño.

Para caracterizar los electrodos se utilizó una fuente DC alimentando una resistencia de carga en serie con las sondas (ver figura 5). Como es fundamental conocer el comportamiento de la resistencia eléctrica de la madera en función del contenido de humedad de la pieza, se midió el voltaje en los electrodos y se registró en intervalos de 10 minutos. Al realizar las mediciones de voltaje se pesó, de forma inmediata, la pieza para determinar, el contenido de humedad y así comparar con el valor de voltaje registrado.

La ecuación que representa el contenido de humedad en función del voltaje de salida en los electrodos se obtiene a partir de los datos obtenidos y registrados en un formato como se muestra en la tabla 3 que corresponde a un fragmento del registro tomado a una pieza de guadua angustifolia kunth.

CONTENIDO DE HUMEDAD DE LAS MUESTRAS DE CONTROL

Datos técnicos

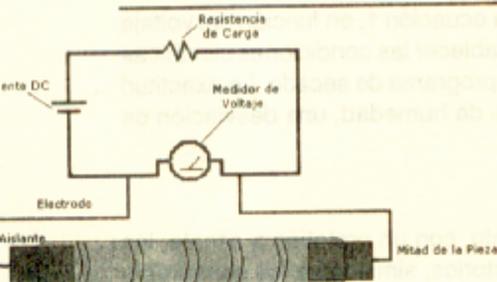
Especie: guadua angustifolia kunth Clasificación: Secado Moderado

Volumen: 4200 cm³ (4.2x10-3m³) Dimensiones: 15x45x10cm

Fecha inicio: 10 nov / 08 Fecha de terminación: 13 Nov/08

Datos del proceso

Fecha	Hora	Horas acumuladas	Peso (gr)	CH %	Voltaje (v)
10-11-08	08:00	10	224.27	24	4.76
10-11-08	08:10	11	222.44	23	4.62
10-11-08	08:20	12	221.42	23	4.58
10-11-08	08:30	13	220.92	21	4.50
10-11-08	08:40	14	220.45	21	4.33
10-11-08	08:50	15	219.79	21	4.25
10-11-08	09:00	16	219.08	20	4.16



ar contenido de humedad mediante método eléctrico.

Figura 5. Conexión de electrodos para determinar contenido de humedad en la guadua angustiniana.

Determinación de la Humedad Relativa

Con las sondas diseñadas para medir el contenido de humedad en la Guadua, se obtiene una variación resistiva que, mediante el acondicionamiento de señal, se transforma en un voltaje diferencial que indica el contenido de humedad en la pieza. Esta relación se describe por medio de la siguiente ecuación:

$$CH = 44.17 - 3.3 \log \left(10^{\frac{0.5 - \frac{V_o}{5}}{0.5 + \frac{V_o}{5}}} \right) \quad (1)$$

Cabe recordar que por debajo del 6% de humedad, esta resistencia se eleva de un modo tal que no es posible su determinación por medio de este método. Por encima del 25% de CH, la relación disminuye debido a la dispersión natural de los valores medios y por lo tanto las lecturas obtenidas no son muy precisas. La relación entre la señal de voltaje y el contenido de humedad es de tipo logarítmica y se observa en la siguiente gráfica.

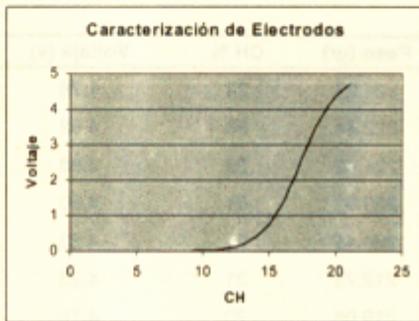


Figura 6. Voltaje de salida en el acondicionamiento de los electrodos, en función del contenido de humedad en una pieza de guadua Augustiniana.

El contenido de humedad determinado mediante la ecuación 1, en función del voltaje entregado por las sondas, es el empleado para establecer las condiciones climáticas óptimas para cada etapa del secado de acuerdo al programa de secado. La exactitud de la medida permite, para el rango entre 6 y 25% de humedad, una desviación de $\pm 2\%$, aceptable en todos los casos.

CONCLUSIONES

El sensor de humedad para Guadua se implementó con un prototipo a escala, los resultados obtenidos fueron ampliamente satisfactorios, similares a los sensores o sondas de humedad para otros tipos de madera.

Para evitar fisuras y deformaciones en el proceso de secado de la guadua, se diseñó e implementó un sensor para determinar el contenido de humedad en la madera basado en el uso de electrodos, con forma de barra alargada colocado en los extremos de las cavidades de la guadua. Y se calculó, la resistencia por medio el voltaje de salida en la etapa de acondicionamiento y proporcional al contenido de humedad real en la madera.

Los métodos de instrumentación y control utilizados permiten adaptar el sistema para diferentes aplicaciones como son el secado de guadua y el control de secaderos interconectados donde se manejan grandes volúmenes de madera.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- I.a. Hormilson Cruz Rios. La Guadua:Nuestro Bambu, CRQ, 1994.
- Davidson, R. W. The effect of temperature on the electrical resistance of wood. Prod J.New York. 1958.
- Encarta 2009. Biblioteca de Consulta. Microsoft Corporation.
- Hildebrand. Die Schnittholzrocknung 5. Auflage, Ronnenberg/Hannover. República Federal Alemana. 1987.
- Centa. ICA. División de Capacitación y Asesoría Agropecuaria. Tibaitatá. A.A. 151123 Santafé de Bogotá, Colombia. 2002.
- Sánches, Epifanio. Enciclopedia de la Construcción, Tomo 20, Aislamiento Térmico y Acústico. 1991.
- Siau, Jhon F. State University of the New York. College of Environmental Science and Forestry. 1984.
- Silverio Viscarra, Guía para el secado de Madera en Hornos, Proyecto de Manejo Forestal Sostenible BOLFOR
- Skaar, C. Water in wood. Syracuse University Press. New York. 1972

RESUMEN

El objetivo de este artículo es presentar los resultados de una investigación realizada en el departamento del Cauca, Colombia, sobre el uso de un sensor de humedad para el control de la temperatura en un horno automatizado de secado de madera. El estudio se realizó en un horno de secado de madera de tipo industrial, con un sistema de control de temperatura por medio de un sensor de humedad. Los resultados muestran que el uso de un sensor de humedad permite controlar la temperatura del horno de secado de manera más precisa y eficiente, lo que resulta en un mayor rendimiento del proceso de secado. Se concluye que el uso de un sensor de humedad es una técnica viable para el control de la temperatura en un horno automatizado de secado de madera.

PALABRAS CLAVE

sensor de humedad, horno automatizado, secado de madera, control de temperatura.