



# CRITERIOS DE DISEÑO, USO Y MANTENIMIENTO DE CÁMARAS DE TRATAMIENTO TÉRMICO APERTAS PARA EL TRATAMIENTO DE LA NORMA NIMF-15

Juan I. Fernández-Golfín Seco  
Dr. Ingeniero de Montes  
Centro de Investigación Forestal del INIA  
Laboratorios de Tecnología de la madera  
Carretera de la Coruña km 7,5  
28040 Madrid  
golfin@inia.es

## 1.- Antecedentes de la normativa actual

La Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (International Plant Protection Convention, IPPC), como parte integrante de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (en siglas conocida como FAO), es la encargada del establecimiento de normas, directrices y recomendaciones en el ámbito internacional sobre medidas fitosanitarias. Estas normas, designadas habitualmente (español) con las siglas NIMF, forman parte del programa mundial en materia de cuarentena vegetal.

Con estas normas NIMF la FAO trata de velar por la protección y seguridad fitosanitaria del comercio internacional, evitando con ello el uso de medidas nacionales injustificadas que puedan generar obstáculos al libre comercio. Por dicho motivo, las NIMF son normas, directrices y recomendaciones reconocidas como marco para el establecimiento de las medidas fitosanitarias nacionales que los miembros de la Organización Mundial

del Comercio (OMC) deben implementar en virtud del Acuerdo sobre la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias (texto en [http://www.wto.org/spanish/tratop\\_s/sps\\_s/spsagr\\_s.htm](http://www.wto.org/spanish/tratop_s/sps_s/spsagr_s.htm)).

Como parte del programa de protección fitosanitaria de la IPCC, en marzo de 2002 la Comisión Interina de Medidas Fitosanitarias (CIMF) aprobó una primera versión de Norma NIMF sobre Embalaje de madera utilizado en el comercio internacional, que fue numerada como 15. Es por ello que esta Norma Internacional es conocida habitualmente como NIMF-15. En su considerando inicial la norma NIMF-15 establece como razones para su promulgación las siguientes: "El embalaje de madera fabricado con madera en bruto representa una vía para la introducción y dispersión de plagas. Dado que con frecuencia resulta difícil determinar el origen del embalaje de madera, en esta norma se describen las medidas aprobadas mundialmente para reducir en forma considerable el riesgo de dispersión de plagas".

En las sucesivas reuniones de la Comisión Interina de Medidas Fitosanitarias (CIMF) la norma NIMF-15 ha venido siendo modificada y así en la reunión celebrada en abril de 2006, se adoptaron importantes modificaciones al texto del 2002, que afectaban tanto al Anexo 1 (que es el que establece específicamente los métodos elegibles para efectuar el tratamiento) como al 3 que es en el que se establecía un listado de tecnologías bajo evaluación (anexo que queda eliminado). Posteriormente, en la cuarta reunión de la CIMF, celebrada en abril de 2009, se adoptó de forma definitiva el texto de la primera revisión, designada oficialmente como NIMF 15:2009, que es la norma que está en vigor en el momento de redacción del presente texto.

La adopción a nivel nacional de las normas NIMF (obligada en el caso español por ser España miembro de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria -IPPC- y firmante del Acuerdo sobre la aplicación de medidas sanitarias y fitosanitarias de la OMC) y su adaptación a las particularidades del Derecho nacional debe

ser efectuado por las denominadas por la CIMF como Organizaciones Nacionales de Protección Fitosanitaria (ONPF). En el caso español las competencias de la ONPF recaen en el Ministerio de Agricultura (en virtud del Real Decreto 58/2005), el cual ha sido el encargado de poner en marcha un dispositivo de control de conformidad de los embalajes de madera utilizados en la exportación.

Debe entenderse que estas normas internacionales no son de obligado cumplimiento (como casi cualquier norma) a nivel nacional si no existe una regulación nacional que así lo establezca. Es por ello por lo que tras la primera versión de la citada norma NIMF-15, de 2002, el Ministerio de Agricultura aprobó en 2005 (tras la previa publicación del Real Decreto 58/2005, necesario para la incorporación a la normativa española de los contenidos de la Directiva comunitaria 2004/105/CE sobre certificados fitosanitarios) una primera "Norma Técnica Fitosanitaria", con el nombre de "Programa de conformidad fitosanitaria de embalajes de madera destinados a la exportación", con la que se empezó a implantar en España el procedimiento administrativo y técnico previsto en la NIMF-15. Una posterior versión de la citada norma NIMF-15, de 2006, dio lugar a una nueva Norma Técnica nacional, publicada mediante la Orden Ministerial APA/3290/2007, de 12 de noviembre de 2007. Esta norma técnica nacional introdujo en su Anexo I una minuciosa descripción de los tratamientos admisibles (térmico y Bromuro de metilo) y su forma de llevarlos a cabo. En esta norma apareció, por primera vez, la conveniencia de usar tres sondas de temperatura de madera como forma de control del tratamiento.

La revisión efectuada en 2009 de la norma NIMF-15, dio lugar a una nueva Norma técnica nacional, publicada mediante la Orden Ministerial ARM/2213/2010 de 30 de

julio de 2010, que modificaba la vigente hasta dicho momento y que introducía importantes novedades, entre las que estaba la necesidad de implementar un sistema semestral (interno) de verificación de la corrección de la medida de las sondas de temperatura.

Las novedades introducidas en esta norma técnica de 2010 respecto de la de 2007 fueron las siguientes:

- Se elimina la posibilidad de efectuar el tratamiento por control de tiempo, sistema que permitía no emplear sondas de temperatura y que se basaba en el control del tratamiento mediante el establecimiento en los secaderos de unas condiciones de clima (Temperatura, Humedad relativa y velocidad de aire) tabuladas durante un tiempo mínimo establecido en la propia norma.
- Se elimina la posibilidad de que el secado industrial (en cámara) de la madera hasta un contenido final de humedad inferior al 25% fuera un método admisible de tratamiento.
- Se elimina la exigencia de que el sistema de impulsión del aire interior sea reversible.
- Se elimina el tratamiento por Bromuro de Metilo, en cumplimiento de las limitaciones derivadas del Protocolo de Montreal y de la prohibición establecida a su comercialización a partir de marzo de 2010, en el Reglamento (CE) nº 1005/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de septiembre de 2009. La adopción por la CIMF en marzo de 2012 de la versión final de la norma NIMF-15:2009 y la necesidad de incorporar nuevos tratamientos y sistemas de control de la calidad de las medidas de temperatura dio lugar a una nueva Norma Técnica nacional, publicada mediante la Orden Ministerial AAA/458/2013, de 11 de marzo de 2013. Esta es la norma técnica actualmente en vigor, la cual ha introducido algu-

nas novedades técnicas dignas de mención:

- Dentro del método térmico la norma considera idóneos todos aquellos sistemas que como el secado en cámara (HT), la impregnación química con uso de calor y presión, el calentamiento dieléctrico (DH) por microondas o radiofrecuencia y cualesquiera otros que permitan asegurar el calentamiento de la madera a 56°C durante los 30 minutos estipulados.
- En todos los casos el único sistema de control aceptado consiste en el empleo de un mínimo de tres sondas (termorresistencias), que deberán ser calibradas (por laboratorio de calibración provisto de acreditación ISO 17025) y colocadas en sitios específicos de la carga de madera bajo tratamiento.
- Para los nuevos operadores o para las nuevas cámaras de tratamiento es necesario llevar a cabo un estudio previo de caracterización de las cámaras en el que un Laboratorio acreditado ISO 17025 (alcance calibración de medios isoterms) establezca los puntos más desfavorables de la misma, que será donde deberán ser colocadas las sondas. Esta exigencia será extensible también a los operadores y cámaras ya en uso cuando se detecte en una interceptación formas vivas de una plaga de cuarentena y se compruebe que los registros automatizados de temperatura de las sondas han sido correctos. Este estudio de caracterización, junto con la ficha técnica de cada cámara, deberá ser conservado durante toda la vida útil de la misma.

En el presente artículo sólo analizaremos las particularidades del tratamiento térmico efectuado en cámaras de secado (HT) mediante la aplicación de la vigente norma técnica nacional, contenida en la Orden Ministerial AAA/458/2013.



## 2.- Aspectos a considerar en el diseño, inspección, uso y mantenimiento de cámaras de secado empleadas para efectuar el tratamiento térmico (HT) contemplado en la norma NIMF-15, de acuerdo con lo establecido en la OM AAA/458/2013

### 2.1.- Recomendaciones de diseño de cámaras

Lo primero que hay que conocer son los distintos elementos que configuran una cámara de secado de maderas. En la figura 1 se incluye el esquema de una cámara tipo. Teniendo en cuenta que el tratamiento térmico en cámaras (HT) debe ser llevado a cabo mediante aire caliente climatizado a, aproximadamente, 75°C de temperatura y 65-80% HR (dependiendo de si se trata madera seca o húmeda); será necesario que tanto el sistema de calefacción (6 en la figura 1) como el de humectación (7 en la figura 1) estén convenientemente dimensionados. El sistema de renovación del aire interior, compuesto por diversas chimeneas de entrada y salida de aire (8 en la figura 1) no suele tener una importancia decisiva para este tratamiento, aunque sí para el secado propiamente dicho de la madera.

La norma técnica no dice nada respecto de la velocidad del aire interior aunque esta variable es de extrema importancia para conseguir un reparto homogéneo del aire interior por toda la cámara y evitar con ello que haya puntos acusadamente "fríos" o "calientes" en el seno de la carga. Por dicho motivo y en base a la experiencia sobre el uso de estas cámaras para el secado de la madera ha de considerarse una velocidad mínima de 1,5 m/s y una óptima de 3-5 m/s. Esto supone dimensionar correctamente el caudal de los ventiladores (4 en la figura 1). Para evitar la presencia de puntos "fríos" en la cara de salida de aire de la carga de madera es recomendable (pero no es

exigido por la Norma Técnica nacional desde su versión de 2010) que el flujo de aire cambie de sentido cada 30 minutos. Para ello los ventiladores deberían poder girar en ambos sentidos y por ello sería necesario disponer de un sistema electrónico y programable (por tiempo) de cambio de sentido de giro. Como norma general, es muy conveniente que los ventiladores posean también variadores de frecuencia para ajustar su velocidad de giro y con ello su caudal (y consumo eléctrico) a las dimensiones de las tablas y los rastreles empleados en cada caso para conformar las pilas de madera.

Así mismo, la cámara debe incorporar elementos auxiliares para conseguir que todo el aire pase a través de la pila, evitando "fugas" por la periferia de la carga (suelo, laterales y techo). Por dicho motivo se emplean diversos elementos de "conducción" del aire interior (3 en la figura 1), tales como falso techo (3a), faldones frontales y traseros de techo (3b) y biombos laterales (no visibles en la figura 1). En ocasiones si la carga está muy sobre-elevada del suelo (por ejemplo por ir sobre vagonetas) será necesario disponer también faldones frontales y traseros de suelo (normalmente se ponen unos tableros, ver figura 3). Cuando más adelante hablemos sobre la mejor forma de llevar a cabo el apilado, ampliaremos algo más este aspecto (figura 3). Adicionalmente y para evitar turbulencias en la corriente de aire, es una buena solución incorporar deflectores de aire sobre el falso techo (5 en la figura 1).

Otros aspectos fundamentales, tanto para la economía como para la corrección del proceso, son los referidos al diseño tanto de las paredes y puertas de la cámara como de la solera del secadero.

Las cámaras de secado deben ser consideradas a los efectos de seguridad estructural como si fueran naves industriales. Por dicho motivo

su estructura de soporte ha de ser calculada tomando en consideración las acciones debidas al viento, a la nieve y al uso.

Respecto de las paredes de la cámara es preciso decir que, debido a la alta corrosividad de los volátiles de la madera, los acabados interiores deben ser en acero inoxidable AISI 304 o en aleaciones de aluminio. No se recomiendan acabados interiores en chapa galvanizada ni lacada al fuego ya que su durabilidad es muy escasa. Estos materiales, en todo caso, pueden ser empleados para la piel exterior de la pared, aquella que está expuesta a las inclemencias atmosféricas. Como aislamiento se suele emplear mantas de lana de roca de, como media, 100 mm de espesor. Toda la tornillería deberá ser de acero inoxidable y deberá asegurarse la perfecta estanqueidad de las uniones entre paneles. Debe llamarse la atención sobre el hecho de que cualquier error en la distribución del aislante puede generar la existencia de puentes térmicos, que se suelen manifestar en el interior de las cámaras como puntos de condensación. El tipo y diseño de las puertas es algo de extrema importancia para conseguir unos adecuados niveles tanto de operatividad como de aislamiento térmico y estanqueidad. En la figura 2 se recoge un esquema de los tipos de puerta habitualmente empleados en la construcción de secaderos, señalándose las ventajas e inconvenientes de cada diseño.

De los tipos de puertas de la figura 2 tan sólo son recomendables las de corredera y las de fuelle vertical. Las sencillas (y habituales en algunas instalaciones) puertas batientes, de fuelle y "correderas por secciones" tienen muy mal envejecer y con los golpes y cambios de temperatura generan inaceptables pérdidas de estanqueidad.

Respecto de la solera es preciso decir que en lugares de clima frío puede ser el origen de notables fugas térmicas y comprometer con ello el eficaz trata-



## Elementos integrantes de un secadero convencional

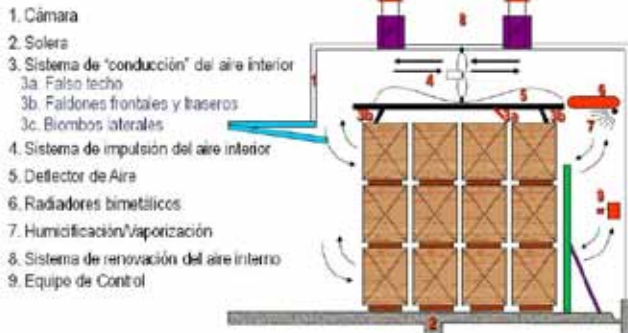


Figura 1.

## TIPOS DE PUERTAS

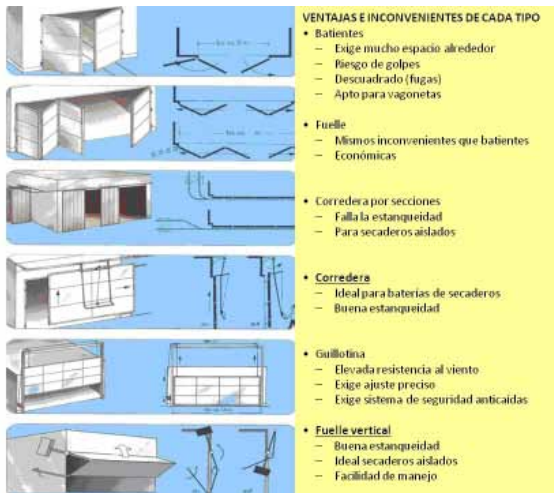


Figura 2.

## Recomendaciones de apilado

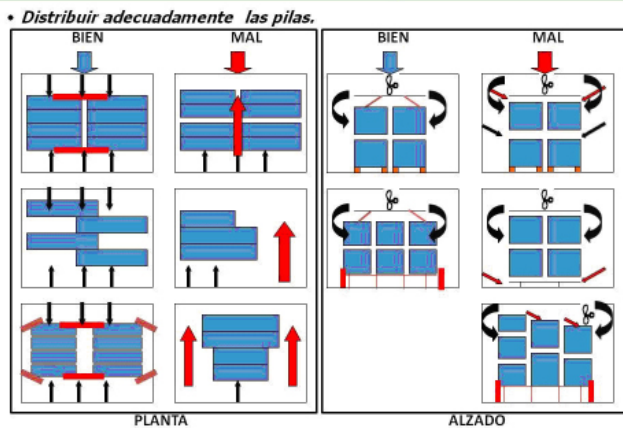


Figura 3. Recomendaciones de apilado

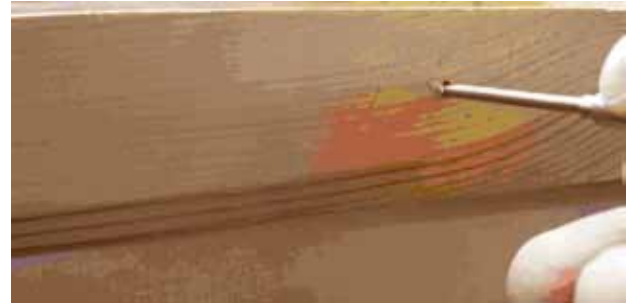


Figura 4. Introducción de sonda en la madera



Figura 5. Termorresistencia Pt100 de medición de temperatura de madera y útil de extracción

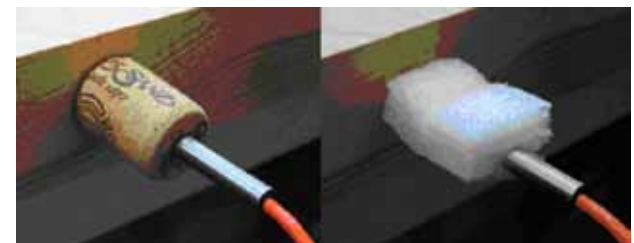


Figura 6. Aislamiento lateral del vástago de la sonda



Figura 7. Dataloggers



miento de las partes más bajas de la carga de madera. Por dicho motivo en determinadas zonas geográficas puede ser de importancia incluir aislamiento térmico en la propia solera.

## 2.2.- Recomendaciones de apilado y disposición de pilas en la cámara

El apilado (denominado enristrelado en la norma técnica nacional) debe ser efectuado con cuidado, asegurando la alineación de los rastreles y de los bordes laterales. No sólo las pilas deben ser construidas adecuadamente sino que, además, éstas deben ser adecuadamente dispuestas en el interior de la cámara. El objetivo es conseguir que el aire pase con las menores turbulencias posibles y sin que se escape por huecos que se dejen entre pilas y entre estas y las paredes, techo y suelo de la cámara. Para construir las pilas se deberán emplear rastreles de espesor mínimo 20 mm si la madera a tratar tiene un espesor inferior a 60 mm. Por encima de este valor (cosa que pasa, por ejemplo, con la madera para los tacos) se deberán emplear rastreles de, como mínimo, 30 mm. Cuando las tablas sean delgadas (por ejemplo, las tablas de piso de un palet) se pueden agrupar de dos en dos o hasta de tres en tres, siempre que el espesor total no exceda 60 mm. En el caso de que el número de tablas agrupadas sea impar la sonda se introducirá en la tabla central, en el caso de que sea par habrá que elegir una de las dos tablas en función de cuál sea la que se prevea que quede más fría. Para distribuir las pilas en el seno de la cámara habrá que evitar separaciones superiores a 30 cm entre pilas así como entre éstas y las paredes, suelo o techo de la cámara. En todo caso habrá que ajustarse al modo de apilado y de distribución de pilas contemplado en el estudio de caracterización de la cámara (si lo hay). En el caso de que se vaya a tratar una

carga de madera de reducido volumen o que, por operativa de carga o diseño de sistemas de carga, sea necesario efectuar separaciones superiores a los 30 cm, la figura 3 aporta unas sugerencias sobre cómo se puede llevar a cabo el proceso.

## 2.3.- Recomendaciones de diseño y uso del equipo de regulación y control

Normalmente el equipo de control de clima comprende una termorresistencia Pt100 para medir la temperatura seca y un termómetro húmedo (termorresistencia Pt100+ muselina húmeda) para medir la temperatura húmeda (la comparación entre ambas medidas permite calcular la humedad relativa). En ocasiones en vez de termómetro húmedo se emplea una sonda de cuerpos higroscópicos, no siendo en absoluto recomendable usar sondas electrónicas porque las afecta muy negativamente la elevada corrosividad del aire interior (se descalibran y averían con gran rapidez). Para el control de la temperatura de la madera la Norma Técnica nacional exige usar al menos tres termorresistencias ubicadas en los puntos más críticos de la carga de madera. Cuando no hay estudio previo de caracterización de la cámara, la Norma Técnica nacional indica que las sondas deberán ser introducidas en la madera por la cara frontal de la carga (figura 4), disponiéndolas en el centro de la cara de entrada del aire, en el centro de la cara de salida del aire y en el centro de la cámara. En el caso de que haya estudio de caracterización éste debe indicar los tres puntos críticos donde las sondas deberán ser ubicadas. De acuerdo con nuestra propia experiencia recomendamos emplear termorresistencias Pt100 con las siguientes especificaciones técnicas: "Sondas Pt 100 de tres hilos con vaina de acero inoxidable 3.0x50mm, aislamiento mineral, unión aislada, casquillo escalonado, 1 metro de

cable aislado con Teflón, conector mini macho".

Nosotros usamos sondas con poco cable y alargaderas de cable de teflón (que aguantan la temperatura y tienen cierta resistencia mecánica al aplastamiento y a la tracción), que convenientemente conectadas a las sondas llevan la señal hasta el equipo indicador de temperatura (que estará siempre fuera de la cámara ya que la electrónica no funciona bien a altas temperaturas y humedades). De esta forma cada vez que se repone una sonda no es preciso reponer hasta, a veces, 20 m de cable de teflón. Nuestras termorresistencias y equipos de indicación de temperatura son de tres hilos para minimizar los efectos de la resistencia de la línea y sus variaciones con la temperatura. No es preciso emplear a nivel industrial termorresistencias y equipos basados en cuatro hilos ya que son mucho más caros y la mejora en la incertidumbre de medida que conllevan no compensa el mayor gasto. A nosotros también nos han dado muy buen resultado los termopares tipo T de la clase 1, si bien este tipo de sondas no está claro que puedan ser utilizadas con la actual Norma Técnica ya que ésta cita expresamente a las termorresistencias (anexo 1 sección B, segundo párrafo) y no a los termopares que, sin embargo, pueden dar un servicio perfectamente válido en esta aplicación.

Nuestras sondas incorporan un casquillo de diseño escalonado para permitir no sólo el buen manejo de la sonda a la entrada sino, también, su fácil extracción con un útil cuando la sonda se ha quedado adherida a la madera (Figura 5).

Para introducir la vaina de la sonda en la madera, como las que nosotros usamos tienen 3 mm de diámetro empleamos una broca de 3,2 mm introducida hasta 50 mm dentro de la madera. El espacio perimetral que queda alrededor de la vaina de

la sonda es inapreciable, lo que hace innecesario el sellado. No obstante si se empleasen brocas de mayor diámetro el sellado perimetral se puede hacer retacando con algodón, lo cual es una mejor solución que con silicona ya que esta última ensucia notablemente las sondas.

No recomendamos emplear sondas de gran longitud de vaina, no solo porque se aumenta el riesgo de doblado accidental (por golpes) sino porque, además, gran parte de la vaina queda al aire, lo que puede falsear las medidas. Cuando quede al aire una parte apreciable (más de 1/3) de la vaina de la sonda es necesario aislarla, para lo cual es muy útil emplear corchos perforados longitudinalmente (con una broca) o espumas aislantes de célula cerrada (para que no absorban humedad) (ver figura 6).

De acuerdo con la Norma Técnica todas las sondas deben ser calibradas anualmente (calibración monopunto a 56°C). Nosotros recomendamos que cada sonda vaya numerada de forma indeleble y que posea una ficha en la que se vayan anotando las fechas de calibración y, en su caso, de verificación, así como todo lo referido al valor de corrección y su incertidumbre a 56°C, valores estos tomados del certificado de calibración.

Una vez calibradas las sondas el valor de consigna del tratamiento no serán los 56°C que indica la Norma Técnica



nacional sino el valor que se deduzca del siguiente cálculo:

56°C + Corrección máxima de las sondas + Incertidumbre máxima  
Respecto de los equipos empleados para la indicación de la temperatura de madera, a nosotros nos han dado muy buen resultado los equipos data logger portátiles (figura 7) pero provistos de pantalla de lectura, ya que permiten seguir la evolución de la temperatura de las sondas y llegado el caso permiten una calibración/verificación externa sencilla así como el volcado (EXCEL) e impresión de los datos en la oficina (por personal más cualificado para esta función).

#### 2.4.- Recomendaciones de mantenimiento

El mantenimiento debe afectar a todos los elementos de la instalación pero nosotros llamamos especialmente la atención sobre los siguientes:

- Juntas de estanqueidad de las puertas
- Planitud y estado de los sistemas de cierre de las puertas
- Sellados entre paneles de la estructura de pared y techo
- Alargaderas y cables de las sondas. Conectores.
- Sistema de control de las condiciones de clima
  - o Cambiar mensualmente la musculina del termómetro húmedo o la placa de la sonda de humedad.

o Mensualmente verificar la medida de la temperatura seca en el secadero mediante la comparación de la medida tomada por la sonda de aire con las de las sondas de madera puestas al aire (sin introducir en la madera).

- Equipo indicador de temperatura de madera (si es autónomo estado de las pilas y limpieza).

Recomendamos una

revisión (verificación) cada dos-tres años según condiciones de uso.

### 3.- Comentarios finales

En INIA tenemos una larga experiencia sobre diseño y manejo de instalaciones para el secado y tratamiento térmico (no sólo fitosanitarios) de la madera, habiendo impartido nuestro personal (solos o en cooperación con el de otras instituciones) numerosos cursos de formación tanto in-situ en empresas como en nuestras instalaciones.

En el caso de que quieran formar a su personal, directivo y técnico, sobre cualquier aspecto referido a la Tecnología de la madera no duden de contactar con nosotros bien por correo (golfin@inia.es) o por teléfono (913476878).

### 4.- Bibliografía de interés

- Fernández-Golfín JI, Conde García M. Manual Técnico de secado de maderas. Editorial AITIM; 2007. (www.aitim.es). ISBN: 84-87381-37-5