

SECADERO SOLAR DE MADERAS COMPLEMENTADO CON GASÓGENO DE RESIDUOS DE ASERRADO: ESCALA SEMIINDUSTRIAL.

AUTORES: F. BENÍTEZ, A. SAMELA, F. IBARRA, R. SPOTORNO

GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍAS ENERGÉTICAS APROPIADAS (GITEA)

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL - FACULTAD REGIONAL RESISTENCIA

FRENCH 414 - (3.500) RESISTENCIA - CHACO - ARGENTINA

RESUMEN:

Se describen los resultados obtenidos en un secadero de maderas, compuesto de un sistema mixto: colector solar (37 m^2 de cubierta de vidrio simple) y un gasógeno de residuos del aserraje de maderas, que aporta energía complementaria en periodos de baja heliofania relativa, mediante un intercambiador de tubos.

El secadero se halla dentro de un aserradero, propiedad de la firma MELLI HNOS. Construcciones Chaqueñas S.A.C.I.C.I. y F. y es parte de un proyecto integral de aprovechamiento de la biomasa en el medio rural, que comenzó con ensayos a escala experimental ($0,25 \text{ m}^3$) y se continúa a escala semi - industrial de 20 m^3 de madera húmeda estibada convenientemente.

Las experiencias se hicieron con madera dura (Aspidosperma quebrachoblanco Schlecht), comprobándose que con cortes adecuados - que tienen en cuenta el comportamiento anisótropo de la madera ensayada -, y con el secado solar - que respeta el ciclo diurno -, se consigue una calidad superior al secado convencional.

1. INTRODUCCIÓN

En presentaciones anteriores ^{1,2} se explicó la necesidad de contar con hornos secaderos de madera y se describen las características de una planta piloto para el aprovechamiento de la biomasa en el medio rural, se informa además los de convenios con firmas comerciales, las cuales posibilitaron el paso de una escala experimental a una escala semi - industrial.

En la zona, la irradiación solar global diaria promedio sobre superficie horizontal es de 12.500 KJ/m^2 en invierno y 25.000 KJ/m^2 en verano. Si se considera que la madera necesita de 4.000 a 12.000 KJ/kg de agua evaporada ³, se podrá apreciar que el área de captación del colector solar debe ser muy grande para coleccionar suficiente energía para evaporar agua de la madera a una velocidad competitiva con secaderos que funcionan con fuentes de energías convencionales no renovables.

Además, hay que recordar que la humedad en la madera se presenta de dos formas, una como agua libre y que representa un menor gasto en el consumo energético y la otra como agua ligada a las paredes celulósicas de los tejidos interiores que requieren de un mayor consumo de energía por cantidad de masa de agua evaporada.

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SECADERO

Es un sistema que consta de tres partes. Una cámara de secado, un colector solar externo ⁴, y una cámara de intercambio y mezcla, como se aprecia en la Fig. N° 1.

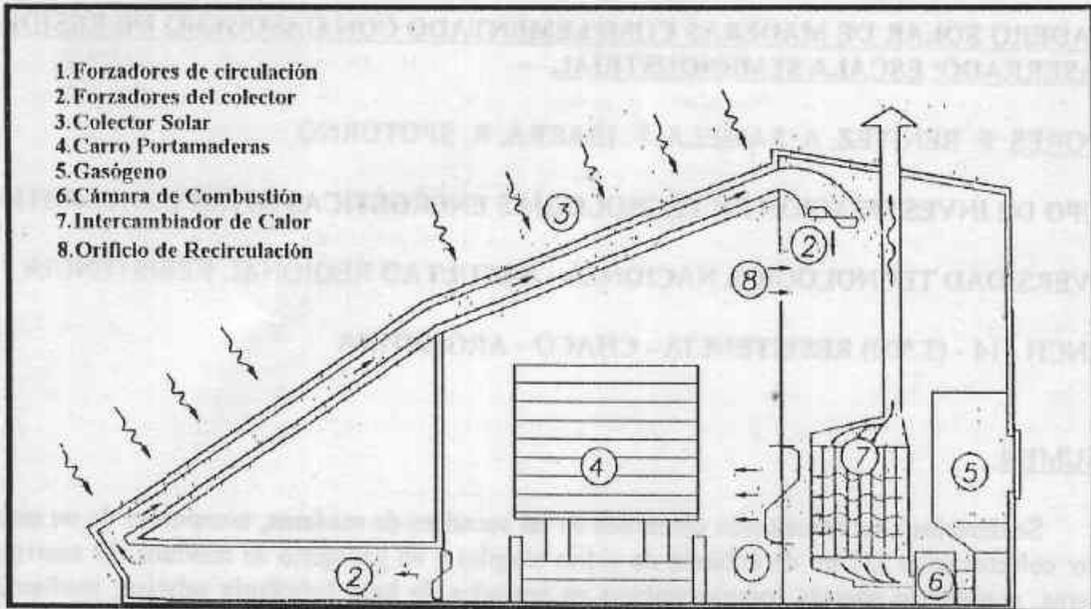


Fig. N° 1 - Esquema del secadero solar

2.1. COLECTOR SOLAR:

El colector solar es del tipo externo, de 37 m² de cubierta de vidrio simple. Está construido sobre bastidores de madera, paneles y perfiles de aluminio y aislamiento de poliestireno expandido, sostenidos por una estructura de hierro.

Cuenta con una superficie absorbente de la radiación y una placa base, ambas de aluminio. La superficie absorbente fue tratada mediante un método antirreflectante, que aumenta la rugosidad de la misma. Este tratamiento evita la necesidad de pinturas negras o selectivas que se degradan rápidamente, atacadas por las condiciones corrosivas de alta temperatura del aire húmedo y la condensación de éste por las noches.

El aire entra al colector, proveniente del secadero por conductos ubicados en la parte inferior del mismo e impulsado por un ventilador soplador de 1/3 CV. Y luego se distribuye por canales que se encuentran debajo de la superficie absorbidora, siguiendo el recorrido que muestra la Fig. N° 2, hasta entrar en la cámara de intercambio por la parte superior, mediante otro ventilador de 1/3 CV. En él hay un intercambiador de tubos por los cuales circulan interiormente gases calientes provenientes de la combustión de residuos de madera previamente gasificados en un gasógeno (En días con suficiente insolación, no es necesario la puesta en marcha de este último).

2.2. CÁMARA DE SECADO

Es una cámara adiabática donde se estiba la madera aserrada a ser secada, según técnicas prescriptas. El secado se realiza con aire caliente. El mismo circula, mediante ventiladores, en circuito cerrado y se distribuye transversalmente por las maderas estibadas con separadores que le dejan un canal de circulación, como muestra el esquema de la Fig. N° 3.

Cuenta con dos ventiladores secadores de tipo axial de 1 CV cada uno.

Las paredes interiores son de malla tramada, fibra de vidrio y pintura poliuretánica. Está aislada térmicamente por 2 cm. de aire con separadores de convección, además de 10 cm. de planchas de poliestireno expandido y finalmente ladrillos comunes revocados en la pared exterior. El

contrapiso tiene un film de polietileno de 100 micrones de espesor el cual opera como barrera de vapor. Sobre éste tiene planchas de poliestireno expandido de 10 cm. de espesor. Por encima de esta aislación térmica tiene una losa de hormigón armado y por último tiene una carpeta de concreto con acabado liso.

El secadero cuenta además con dos puertas, de dos hojas batientes cada una, en ambos extremos de la cámara. Tienen cierre de doble contacto, aisladas térmicamente con planchas de 10 cm. de poliestireno expandido y paredes de chapa galvanizada.

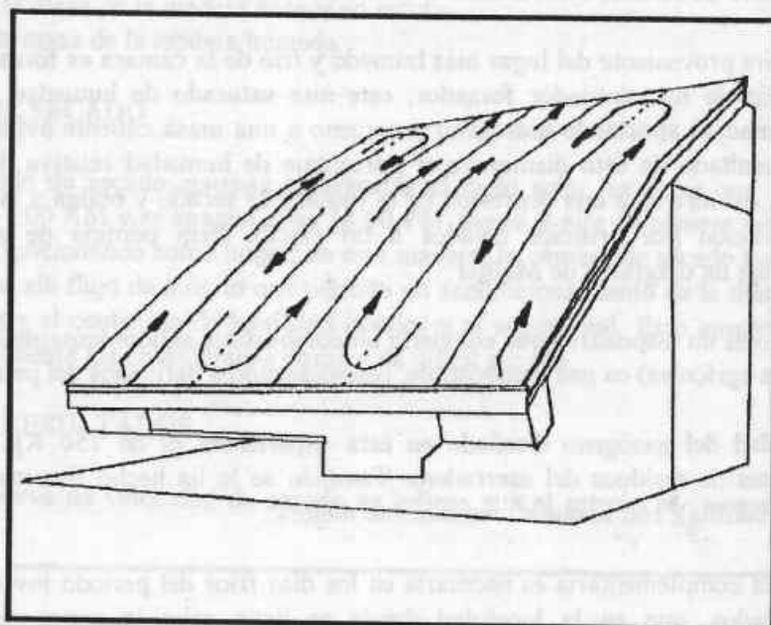


Fig. N° 2 - Recorrido del aire dentro del colector solar.

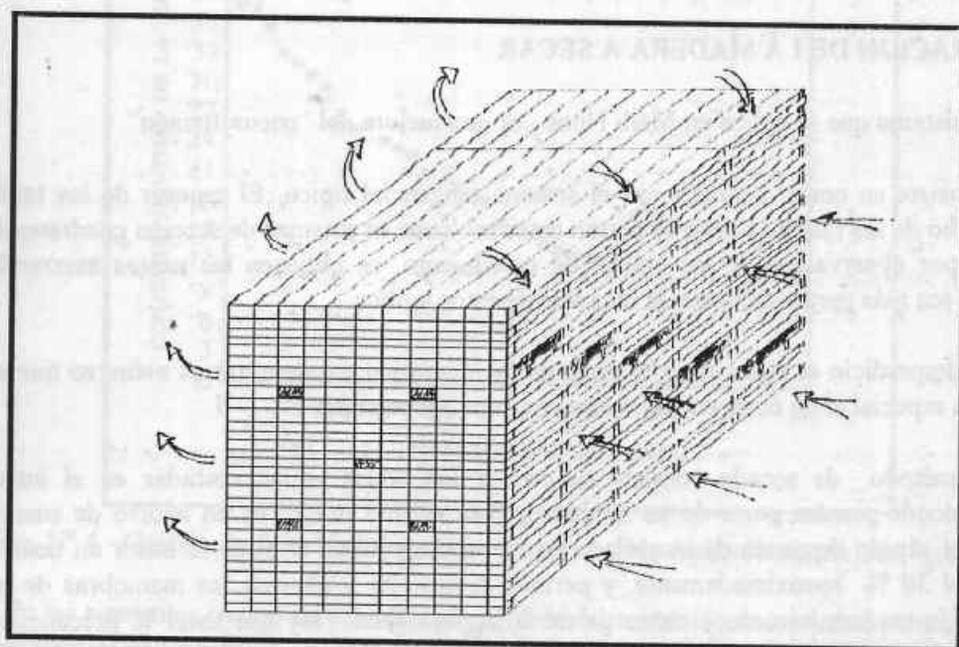


Fig. N° 3 - Circulación del aire y ubicación de las probetas testigos en la estiba de maderas

2.3. CÁMARA DE INTERCAMBIO Y GASÓGENO:

En esta cámara se produce el ingreso del aire caliente proveniente del colector solar. Éste pasa por un intercambiador de tubos por donde circulan gases ($\text{CO}_2 + \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$) provenientes de una cámara de combustión que quema los productos de gasificación obtenidos en un gasógeno a partir de recortes de madera.

En este paso el aire se calienta aún más y es aspirado por los ventiladores secadores que lo introducen a la cámara de secado, atravesando la estiba de maderas.

Parte del aire proveniente del lugar más húmedo y frío de la cámara es forzado a ingresar al gasógeno por medio de un ventilador forzador; este aire saturado de humedad participa en la gasificación de la madera aportando hidrógeno y oxígeno a una masa caliente ávida de este último elemento. Como resultado de esto disminuye el porcentaje de humedad relativa de la cámara de secado. Esta salida del aire crea una depresión en la cámara de secado y obliga a la entrada de aire ambiente de renovación por orificios dejados a tal efecto. Esta pérdida de agua puede ser cuantificada mediante un diagrama de Mollier.

El gasógeno es un dispositivo que convierte un combustible sólido (desperdicios de la madera u otros desperdicios agrícolas) en gas combustible, reemplazando a derivados del petróleo.

La capacidad del gasógeno diseñado en esta experiencia es de 150 Kg. de recortes de maderas provenientes de residuos del aserradero. También se lo ha hecho funcionar con finos de carbón vegetal (carbonilla), con lo que su rendimiento mejora.

Esta energía complementaria es necesaria en los días fríos del periodo invernal, en los días lluviosos y/o nublados, que en la localidad donde se lleva cabo la experiencia contabilizan aproximadamente el 60 % de los días del año. También se aplica, cuando es necesario disminuir la humedad de la madera por debajo del 10 %, para lo cual es necesario una mayor cantidad de energía.

3. PREPARACIÓN DE LA MADERA A SECAR

El sistema que se aplica en Melli Hnos., es una mejora del "encuartonado".

Consiste en cortar primero con el sistema tangencial típico. El espesor de los tabloncillos es igual al ancho de las tablas. Luego se cortan estos tabloncillos en prismas de sección cuadrangular para finalmente por observación de los anillos de crecimiento, se obtienen las piezas aserrando en el sentido que sea más perpendicular a la tangente de estos anillos.

El desperdicio es reducido y la tarea de los operarios requiere menos esfuerzo que en otros sistemas, en especial el de corte en cuartones por hilos encontrados.

El método de secado consiste en estibar las tablas recién cortadas en el interior del aserradero donde pierden parte de su humedad. Este oreado previo es un ahorro de energía pues aprovecha el rápido descenso de humedad que se produce desde el corte hasta un contenido de humedad del 30 % aproximadamente, y permite secuenciar y alternar las maniobras de traslado, estibado de la madera húmeda y descarga de la madera seca. Hay que tener la precaución de un estibado según normas al respecto, para evitar formación de grietas, deformaciones y ataque de hongos.

Una vez oreadas se las estiba en el secadero de manera transversal al aire de los ventiladores secadores. Se eligen tablas (probetas de control) de acuerdo a normas, las cuales constituyen las

muestras testigos. Estas están ubicadas en distintos lugares de la estiba y son testeadas diariamente para controlar su pérdida de peso y así determinar el contenido de humedad de la madera, mediante la fórmula:

$$H\% = \frac{M - M_0}{M_0} \cdot 100$$

Donde: H: es la humedad actual de la madera en %.
 M₀: es la masa de la madera secada en estufa.
 M: es la masa de la madera húmeda.

4. MÉTODO DE SECADO

El método de secado consiste en respetar el ciclo solar, es decir que los ventiladores se encienden a las 7:00 AM y se apagan a las 18:00 PM, luego el aire de cámara queda en reposo, y el gasógeno sigue funcionando como hogar, de esta manera, la cámara de secado permanece a una alta temperatura pero sin flujo de aire, lo que permite un acondicionamiento de la madera, disminuyendo la diferencia entre el contenido de humedad interior y el superficial. Ésto aumenta la calidad de la madera, especialmente las consideradas duras y de difícil secado.

5. PRIMEROS RESULTADOS.

De la curva de velocidad de secado se infiere que el mismo es competitivo con métodos tradicionales.

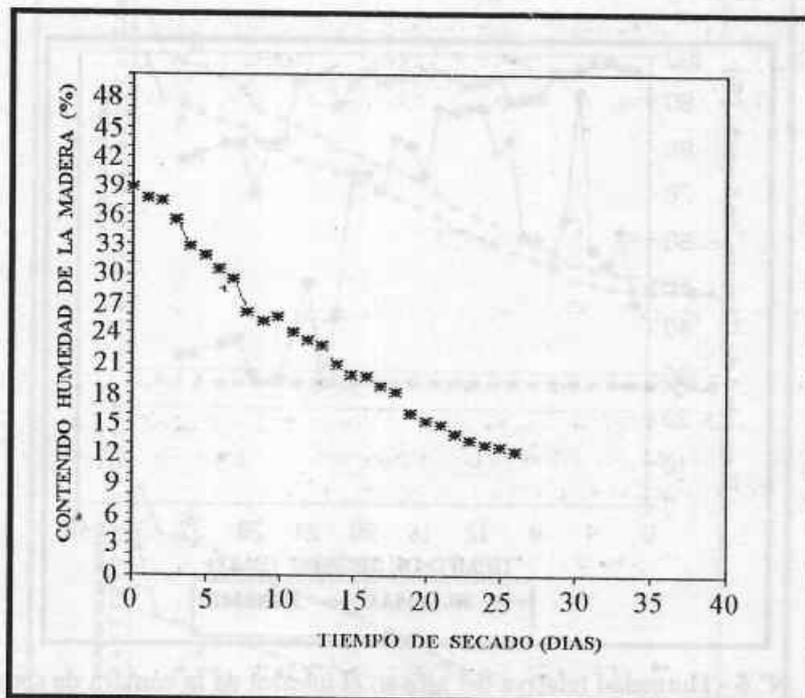


Fig. N° 4 - Gráfico de velocidad de secado de una corrida realizada en período invernal

En las siguientes curvas de velocidad de pérdida del contenido de humedad para la misma especie de madera se evidencian dos tipos diferente de secado: (1) únicamente con energía solar y (2) con energía complementaria (solar + gasógeno) denominado en el gráfico como "mixta".

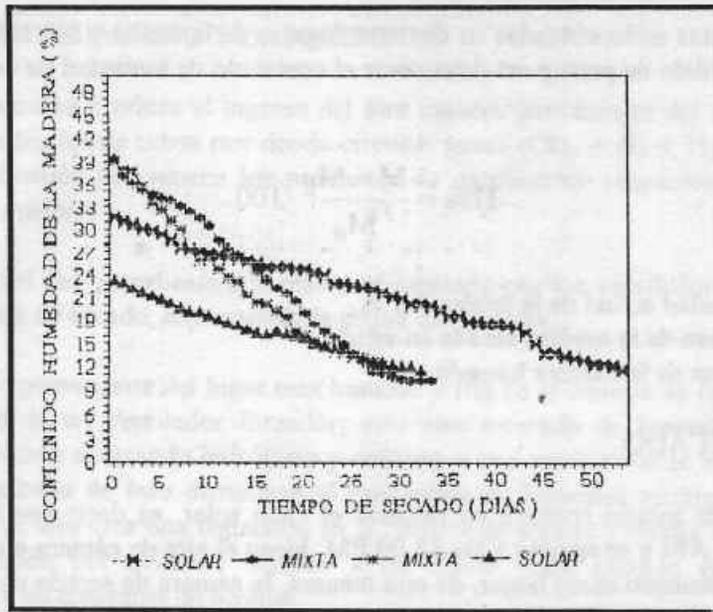


Fig. N° 5 - Gráfico de cuatro corridas con ambos métodos, solar y mixta.

La diferencia de velocidad es claramente favorable para el secado mixto en las cuatro "corridas". La combinación de ambos aportes, asegura una continuidad en la pérdida diaria del contenido de humedad de la madera.

En el interior de la cámara de secado se registran altos tenores de humedad relativa del aire, lo que ayuda al secado pasivo de la madera pues no es necesario humidificar agregando vapor de agua. Esto puede apreciarse en el gráfico de la Fig. N° 6.

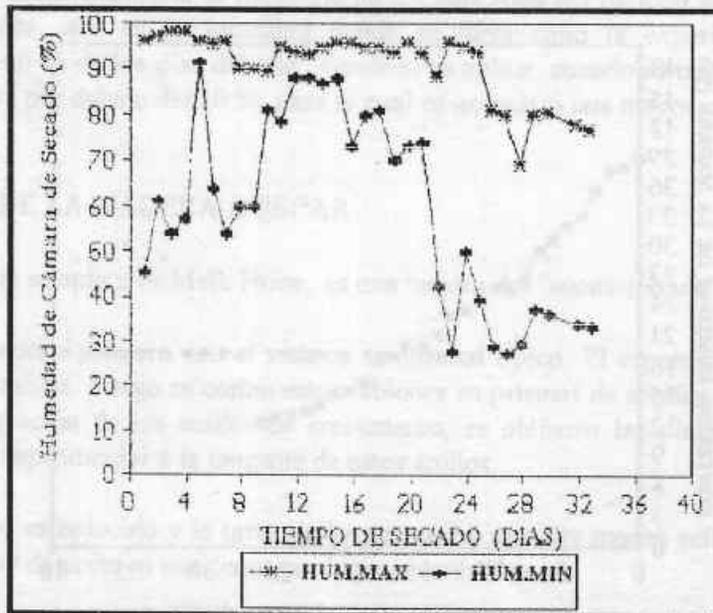


Fig. N° 6 - Humedad relativa del aire en el interior de la cámara de secado

La humedad relativa mínima corresponde al periodo de trabajo diurno y la máxima al registro del periodo nocturno, en el cual se apagan los ventiladores y el aire ambiente de la cámara casi llega a la humedad de saturación. Se puede observar que sólo en los últimos días (cuando se necesita mucha energía para evaporar 1 Kg. de agua ligada) baja considerablemente la humedad relativa de la cámara.

En el siguiente gráfico se representa la pérdida de peso diario de la estiba de la madera.

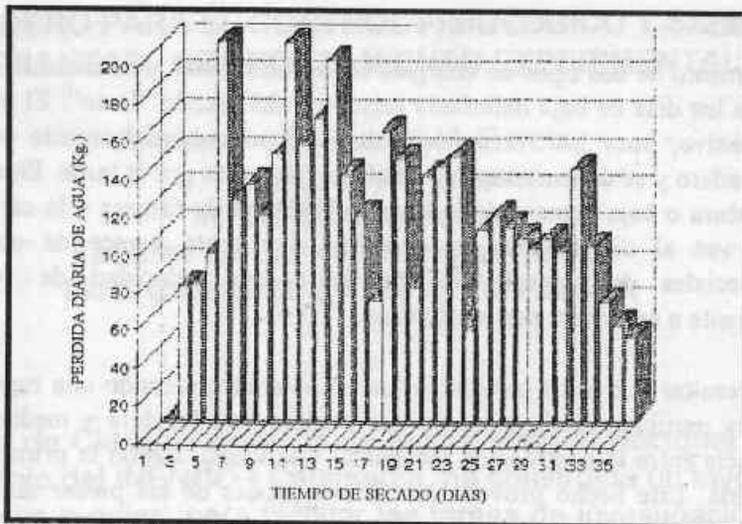


Fig. N° 7 - Gráfico de la pérdida diaria de peso de la estiba de maderas

Se pudo observar también que maderas (muestras) que entraron con humedad por encima o por debajo del contenido de humedad promedio de la estiba, alcanzaron al final del secado el tenor de humedad del resto (Fig. N° 8). La muestra testigo N° 1 entró al secadero con un 8% de contenido de humedad por debajo del promedio de maderas y terminó con el mismo tenor de humedad del resto. La muestra testigo N° 11, en cambio comenzó con 5% por encima del promedio y terminó con el mismo tenor de las demás.

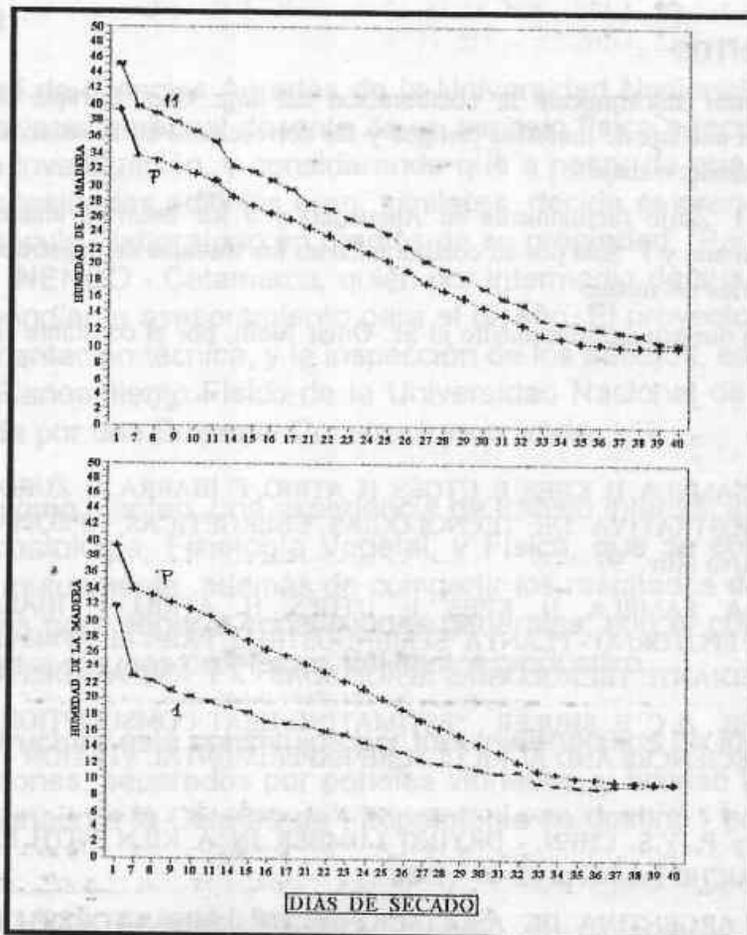


Fig. N° 8 - Humedad de probetas comparadas con humedad promedio

6. CONCLUSIONES:

El complemento de dos tipos de energías renovables, solar y biomasa ha hecho desaparecer el inconveniente de los días de baja heliofania relativa y del secado "lento". El manejo del secadero es además casi pasivo, pues los ventiladores se accionan automáticamente cuando se inicia la jornada en el aserradero y se detienen cuando finalizan las tareas por la tarde. En ningún momento se dispara la temperatura o baja demasiado la humedad relativa de cámara y la carga del gasógeno se realiza una sola vez al día (cuando se necesita), por tanto carece de chicharras, clapetas, accionadores especiales de control, etc. Se logra una velocidad de secado competitiva comercialmente, frente a secaderos convencionales.

Hay que resaltar que estos resultados fueron obtenidos secando una especie de madera con características muy particulares. Se trata de una madera pesada, dura y medianamente contráctil. Existe una diferencia entre la contracción tangencial y la radial, siendo la primera prácticamente el doble de la segunda. Este hecho provoca las deformaciones de las piezas durante el proceso de secado⁵.

En cuanto a la calidad de la madera secada se observó muy bajo porcentaje de rechazo (alrededor del 5% - En secaderos convencionales este valor oscila entre 25 al 30% con este tipo de madera).

Algunas maderas entraron al secadero con ataque de hongos, que desaparecieron una vez secas. Otras que entraron con defectos de comba o arqueado, quedaron derechas después del secado, lo que indica que el buen apilado, corrige las deformaciones de este tipo.

AGRADECIMIENTOS:

Agradecemos sinceramente la colaboración del Ing. Qco. Enrique Utgés, que con su participación en el análisis de muestras testigos y las correcciones en la redacción de los informes, posibilitaron el presente trabajo.

Al Ing. H. Zurlo (actualmente en Alemania) y a los becarios alumnos J. Hertler, M. Maiocchi, F. Bodemann y J. Solé por su colaboración en los trabajos de construcción del secadero y toma de datos diarios del mismo.

Asimismo nuestro agradecimiento al Sr. Omar Melli, por el constante apoyo empresarial a nuestro proyecto.

REFERENCIAS:

¹ F. BENÍTEZ, A. SAMELA, H. KEES, E. UTGÉS, H. ATRIO, F. IBARRA, H. ZURLO, J. POCHETTINO - UNIDAD DEMOSTRATIVA DE TECNOLOGÍAS ENERGÉTICAS APROPIADAS - R.T. XV ASADES Catamarca Nov. '92

² F. BENÍTEZ, A. SAMELA, H. KEES, E. UTGÉS, H. ATRIO, F. IBARRA, H. ZURLO, J. POCHETTINO, R. SPOTORNO - PLANTA SEMIINDUSTRIAL PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA BIOMASA MEDIANTE TECNOLOGÍAS APROPIADAS - R.T. XVII ASADES Rosario Oct. '94

³ J. E. SHOFFAFER, & C. E. SHULER, "ESTIMATING HEAT COMSUMPTION IN KILN DRYING LUMBER". LIFE SCIENCES AND AGRICULTURE EXPERIMENTAL STATION - Technical Bulletin, 73, Set/1974.

⁴ H. N. ROSEN y P. Y.S. CHEN - DRYING LUMBER IN A KILN WITH EXTERNAL SOLAR COLLECTORS - AICHE Journal p. 82-89 - 1980.

⁵ FEDERACIÓN ARGENTINA DE ASOCIACIONES DE PRODUCTORES DE LA INDUSTRIA FORESTAL - "EL QUEBRACHO BLANCO - NORMAS PARA SU ELABORACIÓN RACIONAL". - 1964.