

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES

“CONSTRUCCIÓN Y VALIDACIÓN DE UN SECADOR SOLAR PARA MADERA ASERRADA”

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

EN CIENCIAS FORESTALES

P R E S E N T A:

DAVID LUNA SÁNCHEZ

**Chapingo, Texcoco, Estado de México
Diciembre de 2002**



DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES



Bib. 98396

**“CONSTRUCCION Y VALIDACION DE UN SECADOR SOLAR PARA
MADERA ASERRADA”**

Tesis realizada por **David Luna Sánchez** bajo la dirección del Comité Asesor indicado,
aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES

DIRECTOR:



M.C. Mario Fuentes Salinas

ASESOR:



Dra. Amparo Borja De la Rosa

ASESOR:



M.S. Rigoberto Vargas Carballo

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial a CONACYT, por haberme brindado el apoyo económico para la realización de mi Maestría.

Una vez más a la Universidad Autónoma Chapingo, ya que me brindó el apoyo académico e institucional para realizar mi Posgrado.

Al M.C. Mario Fuentes S., por su acertada dirección y valiosa colaboración en la realización de este trabajo.

A la Dra. Amparo Borja, por sus atinados comentarios.

Al M.S. Rigoberto Vargas Carballo, por su valiosa colaboración.

Al personal de la UACHh, que me apoyó en la construcción del secador solar.

A todos y cada uno de mis compañeros y amigos que hicieron posible la culminación de este trabajo.

DEDICATORIA

A mi esposa y a mi hija que son la razón de mi vida:

R. Rocío y Abril A.

A mis Padres y Hermanos con cariño:

Familia Luna Sánchez

A la Familia Villeda Benítez que me apoyó en todos los sentidos

¡Con mis mejores deseos!

D A V I D

DATOS BIOGRÁFICOS

El Autor nació el 26 de junio de 1975 en el municipio de Zacatlán, Puebla, realizó sus estudios de primaria en la comunidad de Poxcuatzingo, Zacatlán, Pue. Los estudios de secundaria los efectuó en el Centro Escolar “Juan N. Méndez”. Cursó el Bachillerato en Zacatlán. Se graduó como Ingeniero Forestal con Orientación en industrias en la Universidad Autónoma Chapingo en el año de 1998 en Texcoco, Edo. de México.

En el 2000 participó como ponente en el Congreso Nacional Forestal, así mismo, laboró como inspector Forestal en la Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla. En enero del año 2000, ingresó a la División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo donde cursó la Maestría en Ciencias Forestales Enfocada a la industria y tecnología de la madera.

RESUMEN

David Luna Sánchez

“CONSTRUCCION Y VALIDACION DE UN SECADOR SOLAR PARA MADERA ASERRADA”

(Bajo la dirección del M.C. Mario Fuentes Salinas)

Este trabajo consistió en construir y probar un secador solar para madera aserrada, destinado a los pequeños y medianos productores forestales. Para la construcción se usaron materiales disponibles en cualquier región de México y para evaluar su funcionamiento se usó madera de pino de 2.54 cm. de espesor, 2.50 m de largo y anchos variables. La cámara está construida tipo invernadero, con una base de concreto, estructura metálica para soportar el colector solar, muros a base de bastidores de madera y forro de plástico, y está equipado con dos ventiladores axiales con motor de ½ HP. Para la validación se hicieron dos corridas de secado comparándolas con el secado al aire libre, teniendo como resultado que la madera secada en el secador solar requirió en promedio un 50% del tiempo requerido para el secado al aire libre, se lograron contenidos de humedad finales de 7.85% y 10.82% en las dos corridas y la calidad de la madera resultó también mejor en el secador solar.

El costo de construcción del secador solar fue de \$39,062.38 y se estimó un tiempo de construcción de 11 días.

Palabras clave: Secado solar, Secador solar, Contenido de humedad, Madera de pino.

“CONSTRUCTION AND VALIDATION OF A SOLAR DRYER FOR LUMBER”

David Luna Sánchez

ABSTRACT

(Under direction of M.C. Mario Fuentes Salinas)

A solar dryer for small and médium lumbré producers was constructed and test. Materials readily available in any region of México werw used to construct the dryer. Pini boards 2.5 cm thik x 2.50 m long, with varying widths, were used. The chamber is a greenhouse-type with a concrete base and a metallic structure to sopport the construction and collect solar heat. Walls are made of wooden frames and plastic covering. The dryer is equipped with two axial ventilators with a ½ HP motor. For validation of the dryer, two test were run in the dryer, and the dried wood was compared with air-dried wood. The wood from the solar dryer required an average of 50% the time required to air-dry. Final moisture contets of 7.85% and 10.82% were achieved in the two tests, and wood quality was also better in the solar dryer. Cost of construction of the dryer was \$39,062.38, and construction time was estimated at 11 days.

Key words: Solar drying, Solar dryer, wood moiture content, pine wood.

INDICE

	Página
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVO.....	3
3. REVISION DE LITERATURA.....	4
3.1 Modelos de secadores solares.....	4
3.2 Secado al aire libre.....	20
3.3 Secado en secadores solares.....	25
4. METODOLOGÍA.....	30
4.1 Construcción del secador solar.....	30
4.1.1 Limpieza del terreno.....	30
4.1.2 Trazo del la base (cadena de concreto).....	30
4.1.3 Construcción del armazón para soporte del colector.....	32
4.1.4 Soporte para ventiladores.....	34
4.1.5 Pintura de la estructura metálica.....	35
4.1.6 Construcción de los bastidores de madera y armado de la estructura.....	35
4.1.7 Instalación eléctrica.....	37
4.1.8 Colocación de la malla de alambre.....	38
4.1.9 Colocación del recubrimiento (plástico para invernadero).....	38
4.1.10 Construcción y colocación de puertas y ventilas.....	39
4.2 Evaluación del secado.....	40
4.2.1 Inspección de tablas.....	40
4.2.2 Preparación de las muestras de secado.....	41
4.2.3 Primer ensayo de secado.....	45

4.2.3.1 Secado al aire libre.....	45
4.2.3.2 Secado solar.....	47
4.2.4 Segundo ensayo de secado.....	50
4.2.3.1 Secado al aire libre.....	50
4.2.3.2 Secado solar.....	50
4.2.5 Tiempos de secado.....	53
4.2.6 Evaluación de la calidad de secado.....	53
5. RESULTADOS.....	57
5.1 Proceso constructivo.....	57
5.2. Costos reales de construcción.....	65
5.3 Tiempos de secado.....	68
5.4 Calidad de secado.....	72
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	77
6.1 Construcción del Secador Solar.....	77
6.2 Tiempos y calidad de secado.....	79
6.2.1 Secado al aire libre.....	79
6.2.2 Secado solar.....	81
7. CONCLUSIONES.....	85
8.- RECOMENDACIONES.....	87
9.- LITERATURA CITADA.....	89
10.- APÉNDICE.....	93
10.1 PLANOS CONSTRUCTIVOS	

INDICE DE FIGURAS

Figura	Descripción	Página
1.	Secador solar construido en Río Piedras, Puerto Rico.....	4
2.	Horno solar de Lakehead (latitud alta).....	6
3.	Pre secador Jamaiquino, vista lateral.....	7
4.	Secador solar construido en Wisconsin, EE.UU.....	8
5.	Secador solar construido en Costa Rica.....	9
6.	Secador solar jamaiquino – corte de sección Este.....	11
7.	Horno solar “Nomad”.....	13
8.	Horno reflector de Uganda.....	16
9.	Horno colector externo de Tangerang.....	18
10.	Secador solar construido en San Martinito, Edo. de Puebla, México.....	19
11.	Limpieza del terreno.....	30
12.	Cimbra para cadena (izq.), detalle de anclaje para madera (der.).....	31
13.	Cadena perimetral.....	32
14.	Colector solar (izq.) estructura metálica, bastidor inferior, tendido de lámina metálica (der.).....	33
15.	Bastidor superior del colector solar (izq.), Colector solar final (der.).....	34
16.	Soporte de ventiladores.....	34
17.	Estructura de madera constituida por bastidores.....	36
18.	Colocación de la malla de alambre para gallinero, parte superior.....	37
19.	Recubrimiento final, plástico para invernadero.....	38
20.	Colocación de puertas y ventilas.....	39
21.	Defectos de secado a evaluar.....	40
22.	Muestras de secado colocadas en las pilas dentro del secador solar.....	41

23. Obtención de las muestras de secado.....	41
24. Balanza analítica (registro de los pesos de las muestras).....	43
25. Obtención de las muestras para evaluación del gradiente de humedad.....	43
26. Probetas de esfuerzos de secado.....	44
27. Pila de secado al aire libre.....	45
28. Carga del secador solar para inicio del proceso de secado.....	46
29. Pilas construidas dentro del secador solar.....	46
30. Secador solar en operación.....	50
31. Descarga del secador (madera seca).....	50
32. Diagrama de ruta crítica para la construcción de la cimentación.....	56
33. Diagrama de ruta crítica para la construcción del colector solar.....	56
34. Diagrama de ruta crítica para la instalación eléctrica.....	57
35. Diagrama de ruta crítica para la construcción de la estructura de madera....	59
36. Diagrama de ruta crítica para el recubrimiento del secador solar.....	60
37. Diagrama de ruta crítica para la construcción de puertas y ventilas.....	60
38. Diagrama de ruta crítica para la construcción del secador solar.....	61
39. Gráfico de temperatura registrada en el exterior y en el interior del secador solar para la corrida I.....	66
40. Gráfico de humedad relativa registrada en el exterior y en el interior del secador solar para la corrida I.....	67
41. Gráfico de velocidad del viento registrada en el exterior y en el interior del secador solar para la corrida I.....	67
42. Curvas de secado al aire libre y en secador solar para madera de pino de 1", 1ª corrida.....	66
43. Gráfico de Temperatura registrada en el exterior y en el interior del secador solar para la corrida II.....	70

44. Gráfico de HR registrada en el exterior y en el interior del secador solar para la corrida II.....	70
45. Gráfico de velocidad del viento registrada en el exterior y en el interior el secador solar para la corrida II.....	71
46. Curvas de secado al aire libre y en secador solar para madera de pino de 1", 2ª corrida.....	72
47. Probetas de esfuerzos de secado.....	76

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Descripción	Página
1.	Valores de K dependiendo del tipo de cubierta.....	13
2.	Días eficaces de secado al aire libre.....	21
3.	Programa de operación No.1 para el secador solar.....	49
4.	Programa de operación No. 2 para el secador solar.....	51
5.	Porcentajes de valores permisibles de los defectos evaluados. NCh. 178.Of.79.....	54
6.	Grados de calidad por factor de desclasificación. Tomado de Kauman y Mittak (1996).....	55
7.	Clasificación de la calidad de secado, según Kauman y Mittak (1996).....	55
8.	Precedencia y duración de actividades para la cimentación del secador solar.....	57
9.	Precedencia y duración de actividades para la construcción del colector solar.....	58
10.	Precedencia y duración de actividades para la instalación eléctrica del secador solar.....	59
11.	Precedencia y duración de actividades para la cubierta de la pared de ventiladores.....	60
12.	Precedencia y duración de actividades para la construcción de la estructura de madera.....	60
13.	Precedencia y duración de actividades para el recubrimiento del secador solar.....	61
14.	Precedencia y duración de actividades para la construcción de puertas y ventilas.....	62
15.	Precedencia y duración de actividades para la construcción del secador solar para madera aserrada.....	63
16.	Costos reales de construcción del secador solar para madera aserrada.....	65

17. Estadísticas de tiempos de secado para ambos sistemas.....	71
18.- Número de tablas por tipo de defecto ubicadas en cada uno de los grados de calidad, según la Norma Chilena NCh. 178. Of.79.....	72
19.- Índice de calidad de secado para madera apilada al aire libre.....	73
20.- Índice de calidad de secado, para madera apilada en el secador solar.....	74
21.- Participación porcentual de los defectos según sus factores de desclasificación.....	75

1. INTRODUCCION

El presente trabajo surge por la necesidad de contar con un sistema alternativo de secado de madera diferente al secado al aire libre, para reducir tiempos de secado y obtener contenidos de humedad más bajos, pero sin que represente una elevada inversión como la que caracteriza a los secadores convencionales.

En México se seca poco volumen de madera por métodos artificiales o estufas convencionales debido principalmente a los altos costos de inversión, lo cual limita que muchos empresarios no tengan la capacidad para secar artificialmente su madera. Considerando lo anterior, una alternativa sería la construcción y utilización de secadores solares, dado que su material de construcción puede ser mas barato, además, al aprovechar mejor la energía radiante del sol, se está en la posibilidad de reducir significativamente los tiempos de secado y contenidos de humedad finales.

Los secadores solares están integrados en forma general por una cámara, un colector de energía solar, ventiladores, ventilas y desviadores de aire. Su principio de funcionamiento inicia cuando los rayos solares inciden en el colector solar, el cual convierte la energía de radiación en energía térmica al calentar el aire dentro del colector. Un flujo de aire proveniente de ventiladores internos transporta el aire caliente hasta la madera, la humedad existente en la misma pasa al aire, saturando el ambiente. Después de cierto tiempo, este aire saturado se remueve total o parcialmente por medio de ventilas, logrando secar las pilas de madera.

Por otra parte, los diseños de secadores solares reportados en la bibliografía disponible, por ejemplo: Martínez (1984), Bois (1977) y Echenique (1993), difieren en el modelo, en el material de construcción y no siempre se tienen las referencias de las ventajas y desventajas que les caracteriza a cada modelo y su material; por lo cual, se diseñó un modelo de secador solar que conjunta las mejores características de los modelos experimentados o conocidos, ofreciendo los planos así como las especificaciones de equipo, material y forma de operación a los posibles usuarios que se interesen en este proyecto, respaldándolos con resultados reales de los tiempos y calidad de secado que se pueden obtener, comparativamente con el secado al aire libre.

2. OBJETIVOS

2.1 General

Construir y validar un secador solar para madera aserrada, evaluando su funcionamiento a nivel comparativo con el secado al aire libre.

2.2 Específicos

- Establecer el procedimiento, materiales y pasos a seguir en el proceso de construcción del secador solar.
- Evaluar la eficiencia del secador solar mediante cargas de madera aserrada secadas en la cámara construida.
- Determinar las diferencias en tiempos y calidades, en el secado al aire libre y en el secador solar.
- Establecer el programa de operación que se debe seguir en el secado de madera en el secador solar.
- Definir los costos reales de construcción del secador solar.

3. REVISION DE LITERATURA

3.1 Modelos de secadores solares

En el transcurso de los últimos 35 años, una larga variedad de hornos solares de secado de madera han sido construidos tanto en climas tropicales como en climas templados. La mayoría de ellos fueron construidos por institutos de investigación para los propósitos de evaluación y prueba y solo unos cuantos se han producido para uso comercial. El Sr. Eduard Peck, un experto en aclimatación de madera en el laboratorio de productos forestales en Madison EEUU., es uno de los primeros en haber planeado y construido un horno solar (Viehbeck, 1999).

Posteriormente, diferentes diseños y materiales han sido probados, se ha medido la energía que pasa por los hornos solares y desarrollado equipos de control completamente computarizados. Entre los secadores solares que se han dado a conocer están los siguientes:

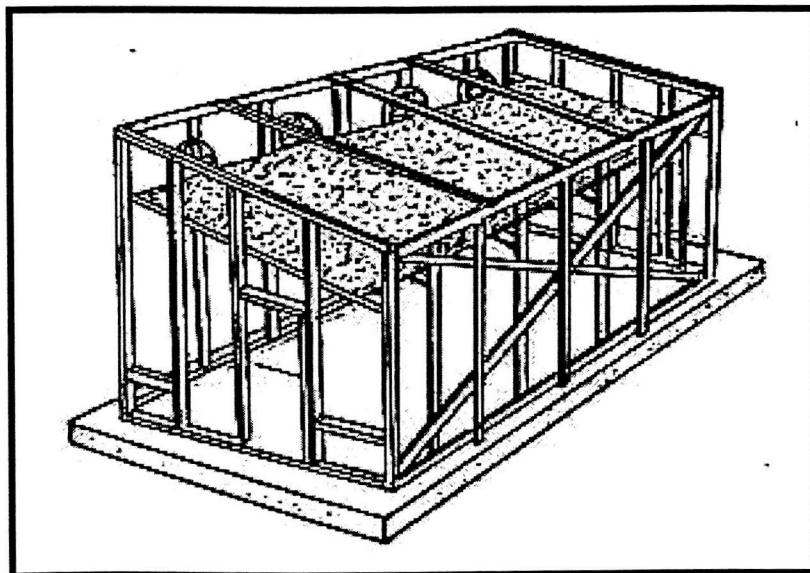


Figura 1. Secador solar construido en Río Piedras, Puerto Rico.

Secador solar construido en Río Piedras, Puerto Rico, (ver figura 1). **Maldonado y Peck (1962)**. El techo está formado por el colector, con un ángulo de inclinación de 16° . Tanto la cubierta como las paredes están formadas por bastidores de madera de 2" x 4", con doble recubrimiento de plástico, a excepción de la pared que da hacia el Norte, la cual esta construida de contrachapado.

Secador solar de la Universidad del Estado de Colorado (EE.UU.). **Troxel y Mueller (1968)**, reportan un secador solar, el cual está orientado a un sitio que le provee la máxima exposición al sol. La estructura del almacén fue construida de 10' x 8' de concreto, con un drenado en el piso. La capacidad de la cámara de secado es de 1,200 pt, con madera aserrada de 1" espesor. La pared Norte está cubierta con contrachapado de $\frac{3}{4}$ ", las demás paredes y el techo están cubiertas con una mampara solar.

La puerta de acceso para descargar la madera es la pared Norte, el techo y las paredes Este, Sur y Oeste están cubiertas con un corrugado transparente de paneles de fibra de vidrio reforzado con poliéster. Se tienen dos ventiladores de 24" y de 9 aspas, usados para la circulación el aire en el colector. Cada ventilador tiene una potencia de $\frac{1}{2}$ HP. La velocidad del aire puede varia desde 100 a 350 ft/min. Se tienen 4 ventilas de 4 x 8 ft, que controlan la humedad del aire en la secadora, colocadas en las paredes Este y Oeste cerca del piso.

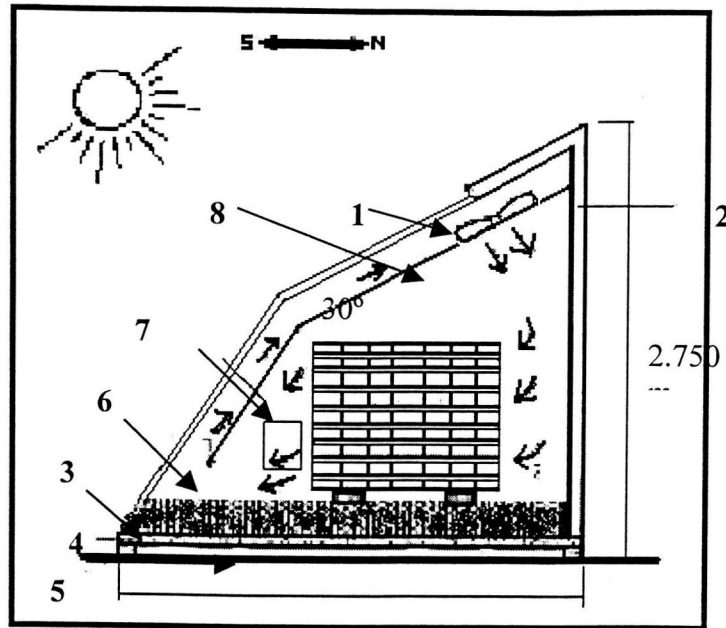


Figura 2. Horno solar de Lakehead (latitud alta)

1. Doble capa de vidrio; 2. Paredes tipo sándwich de madera contrachapada; 3. Piedra de almacenamiento de calor; 4. Aislante; 5. Cimientos o base de madera; 6. Entrada de aire fresco; 7. Salida de aire; 8. Absorbente

Yang, (s/f), describe un secador pequeño con un colector de 4.5 m^2 de área y 0.6 m^2 de piedra para almacenamiento de calor, fue construido en 1977 en terrenos de la Universidad de Lakehead en Canadá (ver figura 2). El objetivo fue el de estudiar el desarrollo sobre un período de dos años en términos de la tasa de secado, temperaturas logradas y los efectos del aislante durante la primera parte del estudio. Las paredes del horno y las partes no transparentes del techo fueron hechas de dos capas de $5/8''$ de madera laminada con un espacio libre de $3 \frac{3}{4}''$. Después que las temperaturas dentro y fuera del horno fueron anotadas, una capa adicional de $1/2''$ de madera laminada y $3 \frac{3}{4}''$ de larguero fue añadida y llena de fibra de vidrio. Una lamina de metal corrugado pintado en negro fue insertada detrás de la pared de doble vitrificación del lado Sur del

horno y una sección descendente de apoyo fue añadida para obtener mayor área de colección.

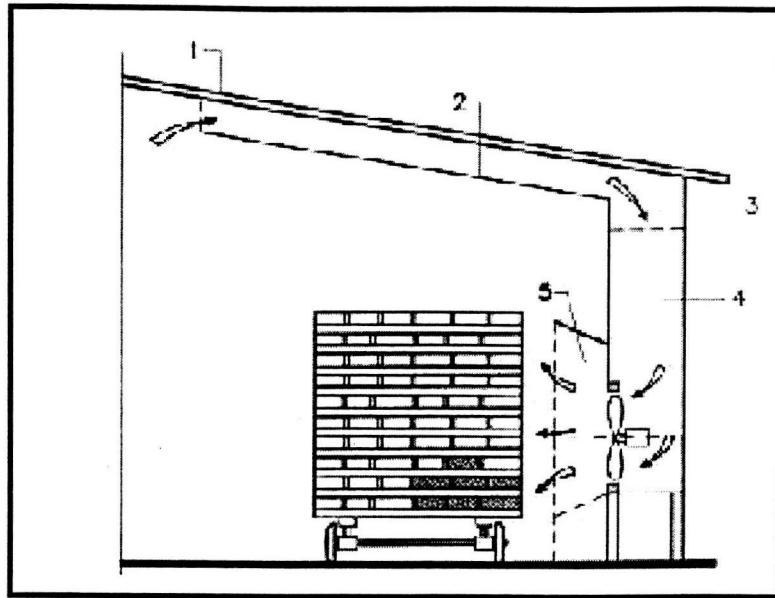


Figura 3. Pre secador Jamaiquino, vista lateral. 1 Techo de la estufa de madera; 2. Techo falso; 3. Ducto horizontal; 4. Ducto vertical; 5. Difusor

Presecador de Jamaica. **CTCS (s/f)**, Está ubicado en el patio de secado de madera de una empresa, el cual ya tiene una cubierta laminada a una altura de 3.5 m. (Figura 3). Un techo falso de 3/8" de madera laminada fue instalado por debajo del colector de 80 m². Un conducto colector horizontal y un par de ductos verticales mueven el aire hacia abajo a los dos ventiladores de 1 HP, cada uno de los cuales está equipado con un difusor para dirigir el aire a la pila de madera. Gracias al techo negro, temperaturas ambientales hasta de 43° C pueden ser logradas en días claros y soleados. Los ventiladores se mantienen funcionando desde las 7 a.m. hasta las 6 p.m.

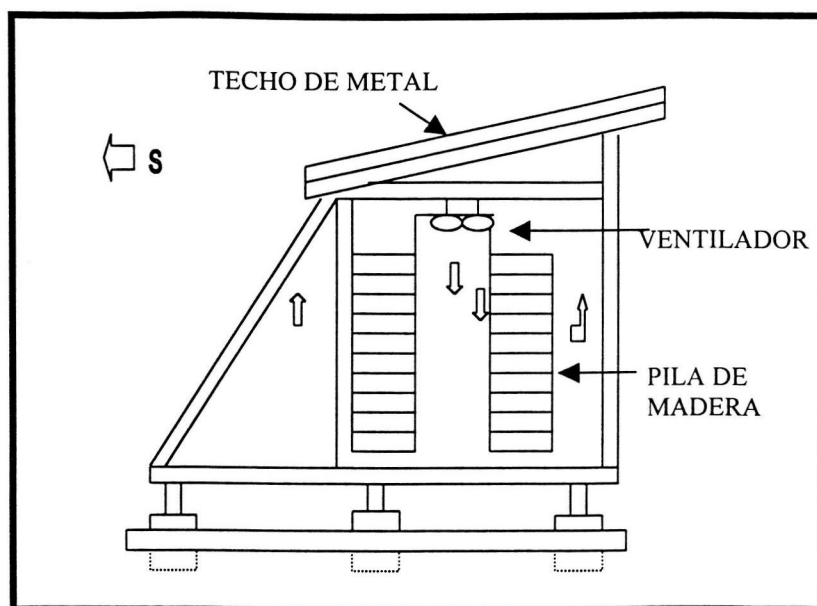


Figura 4. Secador solar construido en Wisconsin, EE.UU

Secador solar al Sur de Wisconsin, EE.UU. **Bois (1977)**, reporta que la capacidad, dependiendo de la madera, es de 780 a 850 pt para madera de 8 ft de largo (figura 4). El aislamiento y construcción de la secadora es a base de madera. El lado Sur de la secadora está rodeado con 4 contraventanas de vidrio, dando un área con cristal de 47 ft².

La pared Sur tiene una inclinación de 40° y cada unidad del colector solar tiene ligeramente un giro para captar la luz del sol tanto en la mañana como en la tarde. Se tienen dos ventilas que liberan 1,200 ft³ de aire por minuto.

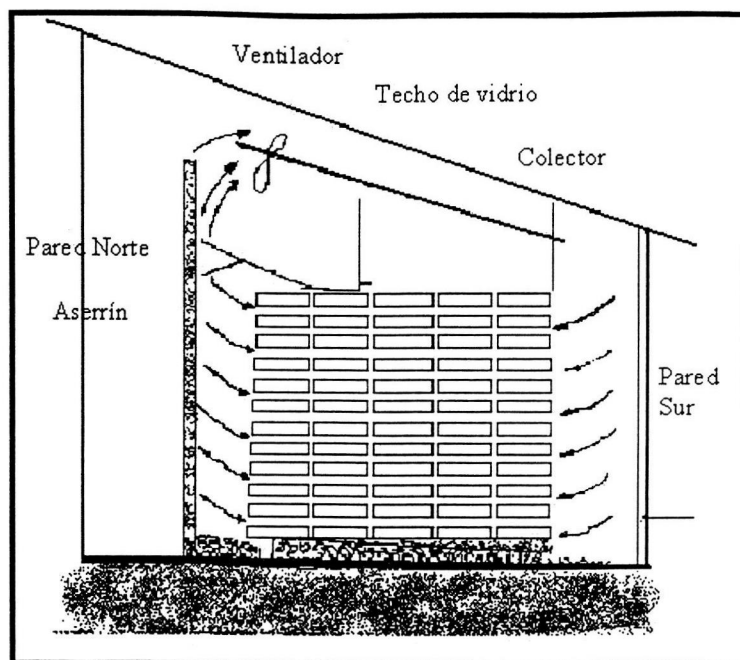


Figura 5. Secador solar construido en Costa Rica.

Secador de Costa Rica. **Solano (1979)**, reporta un secador solar en Costa Rica (ver figura 5) con una capacidad efectiva de 5 m³ de madera. La estructura del secador fue hecha de madera previamente secada al 8% de CH. Se usó madera de laurel (*Cordia alliodora*) y caobilla (*Carapa sp*). La pared Norte fue cubierta con madera contrachapada y dentro de las capas se rellenó con aserrín seco para aislar el calor encerrado en la cámara. Las paredes Este, Sur y la puerta se recubrieron con cuadros de plástico en el exterior y en el interior dejando aproximadamente 100 mm de separación entre ambas, con el objetivo de formar una capa aislante de aire estático. Se revistió la madera contrachapada a base de urea formaldehído con una solución protectora al agua y se impregnó con una solución a base de pentaclorofenol para que pudiera resistir el ataque de hongos e insectos.

El plástico usado en el interior tiene un espesor de 0.3 mm y el usado en el exterior con un espesor de 0.4 mm por presentar mayor riesgo a romperse, el material usado es a base de polietileno. El colector con una inclinación de 10° fue elaborado con chapa metálica de 0.45 mm de espesor. Sus dimensiones son 2.44 m x 4.36 m. Está pintado de negro mate para reducir la reflexión de los rayos solares. Sobre él están sujetos dos abanicos con motores de ¼ de HP de potencia, garantizando una velocidad del aire de 4 m/s entre los separadores de la madera.

La secadora tiene 4 ventilas en la pared Norte de 400 x 300 mm, dos superiores y dos inferiores; sirviendo para extraer el ambiente cargado de humedad y las superiores para introducir aire seco a la cámara. El techo está cubierto con marcos de vidrio de 3 mm de espesor y tiene una dimensión de 3.71 m x 4.60 m. Las puertas están localizadas en la pared Oeste con una altura de 1.70 m que es la altura máxima de la pila de madera. El piso de la secadora es de concreto, sobre él se coloca una capa de piedra volcánica, que por su calor específico almacena calor para las etapas de baja temperatura ya sea de noche o en días nublados.

El techo, formado por una estructura de piezas de 38 mm x 84 mm, sobre las que se colocan cuatro colectores solares en forma de cajón, fabricados con madera, los que en su interior y al centro llevan una lámina galvanizada acanalada que se pinta de color negro mate en la cara que recibe los rayos solares.

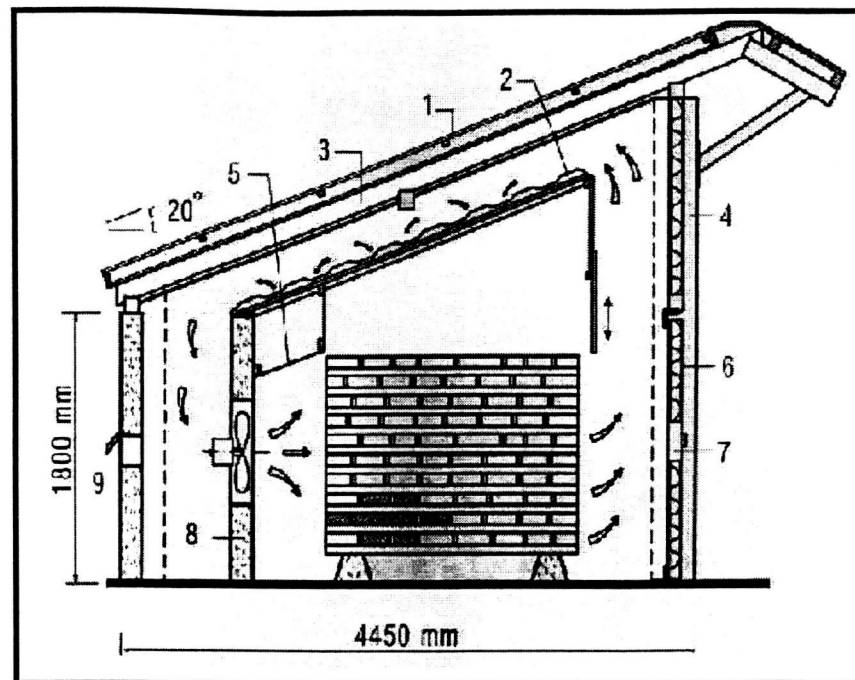


Figura 6. Secador solar jamaquino – corte de sección Este
 1. Doble vitreado; 2. Absorbente; 3. Viga de madera; 4. Columna de concreto; 5. Deflector de aire; 6. Puerta tipo sándwich; 7. Salida de aire viciado; 8. Ventilador de pared; 9. Entrada de aire fresco.

Secador Jamaquino. **Viehbeck (1985)**, este secador tienen una capacidad de 12 m^3 de madera y esta dividido en tres compartimientos separados para permitir cierta flexibilidad con respecto al grosor de la madera, al CH inicial y a la cantidad de madera. El horno tiene paredes interiores y exteriores de ladrillo (ladrillos de concreto con huecos de 6 pulgadas) que están pintadas de negro en los dos lados para atrapar calor y servir como un tipo de reserva de calor. El techo, (ver figura 6) con una pendiente hacia el Sur de 20° , esta hecho de 16 marcos individuales de doble vidrio (vidrio Perspex). El vitrificado tiene que ser reemplazado cada 4 a 6 años. El absorbente consiste en laminas corrugadas de aluminio negro (pintura al aceite) ocupando un área de 29 m^2 . Seis ventiladores axiales de 0,75 Kw, dos para cada compartimiento, proveen circulación de

aire a una velocidad aproximada de 3 m/s. Dos puertas oscilantes en cada compartimiento permiten una carga y descarga conveniente.

Secador solar de la Sierra Huichola de Jalisco. **Kunse (1985)**, describe un secador solar para madera aserrada el cual tiene una capacidad de 1200 pt y un colector de 60 m² de superficie, colocado con ángulo de inclinación igual a la latitud del lugar. La estructura del secador está hecha a base de piedra con muros construidos de 30 cm de espesor. El exterior del muro y del techo se forró con un colchón de fibra de vidrio (10 cm de espesor mínimo), posteriormente una cubierta de madera y por último un tendido de lámina. El secador cuenta con condensador de 4 m² repartidos en dos ductos de aire, con su puerta respectiva para regular la velocidad de condensación, funciona con ventilación natural, dada por la diferencia de presiones al calentamiento y enfriamiento del aire. Fue diseñado especialmente para regiones en donde no se cuenta con energía eléctrica.

Por su parte, el mismo autor recomienda que para un colector de doble cubierta, el espacio debe de ser de 5 cm entre absorbedor y cubierta. Además propone una relación empírica, que se puede utilizar para calcular la eficiencia del colector; que es:

$$E = 0.7 \left(\frac{1 - K}{I(T - T_o)} \right)$$

donde:

E: Eficiencia del colector

K: constante cuyo valor depende del material y del número de capas transparentes del colector. (Cuadro 1)

I: intensidad de la radiación solar

T: temperatura dentro del colector solar (° C)

To: temperatura ambiente (° C)

Cuadro 1. Valores de K dependiendo del tipo de cubierta

Tipo de cubierta	K ($\text{Kw/m}^2, ^\circ \text{C}$)
Un solo vidrio	0.011
Dos vidrios (5 cm)	0.0077
PVC transparente, una capa	0.0115
PVC transparente, 2 capas a 5 cm	0.008
Polietileno transparente, una capa	0.02

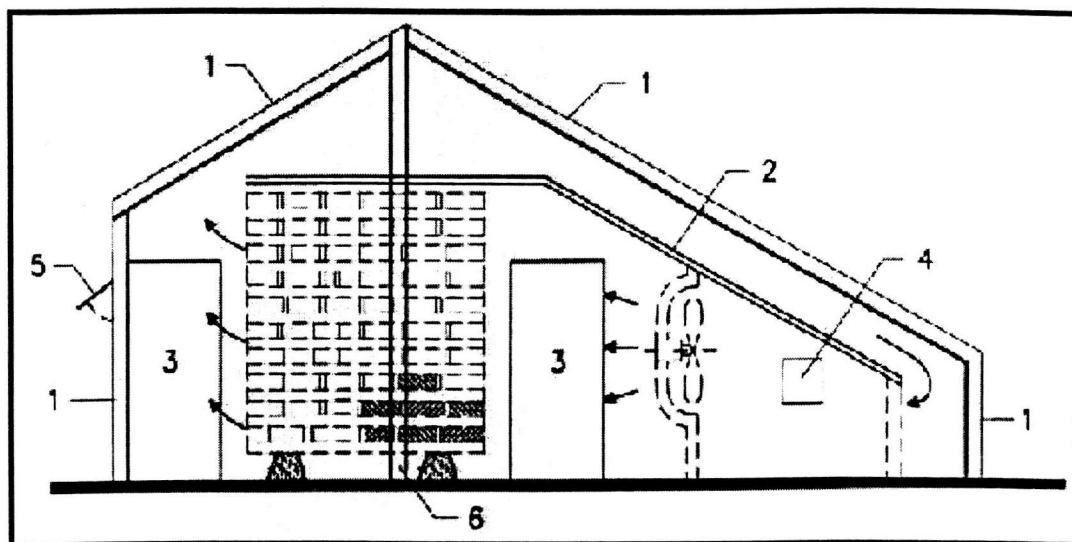


Figura 7. Horno solar "Nomad". 1. Vitrificado; 2. Absorbente; 3. Acceso; 4. Entrada de aire fresco; 5. Salida de aire; 6. Empalme

Horno solar "Nomad". **Cambridge Glasshouse Company (1987)**, este horno está hecho de dos partes para su movilidad. En vez de cargar la madera directamente al horno, el mismo horno es instalado por encima de la pila de madera. De esta forma, el horno puede ser movido alrededor del aserradero para secar pilas de madera que ya han sido expuestas al secado al aire libre (ver figura 7), evitando así la necesidad de un doble cargado. La estructura de aluminio es cubierta con una capa simple de una película de poliéster y por lo tanto es suficientemente liviana para que cuatro personas la levanten y

la carguen con relativa facilidad. El área absorbente de 27 m² está hecha de aluminio corrugado u hojas galvanizadas. El horno tiene una capacidad de 7 m³ de madera y es disponible en forma comercial lista para ser ensamblada. Siendo totalmente vitrificado, el horno destaca máxima absorción de calor, aunque las pérdidas de calor son relativamente altas, especialmente durante las horas de la noche. Versiones modificadas han sido construidas con tres capas de hojas de policarbonato para un mejor aislamiento. El horno solar “Nomad” ha sido utilizado satisfactoriamente en Gran Bretaña, Sri Lanka, Guayana y Malawi.

Presecador solar para maderas duras en el Instituto de Madera, Celulosa y Papel (IMCyP) de la Universidad de Guadalajara. **Anaya (1988)**, construyó un secador solar; el cual tiene una capacidad de 1200 pt y 10.45 m² de área de colector solar. La cimentación se realizó a base de concreto, además de una capa de grava, esto con la finalidad de conservar un poco de energía calorífica durante la noche. En lo referente a la estructura, ésta fue hecha con madera de encino de 5 x 8 cm, las paredes se construyeron con duela machihembrada de 3/4” de espesor, además se forró el interior de la cámara con polietileno el cual funciona como barrera de vapor. Cuenta con dos ventilas en su pared Norte. El sistema de movimiento de aire se lleva acabo mediante un extractor con un motor de ½ HP.

Sobre este mismo secador, **Rodríguez (1989)**, comparó el comportamiento de tres especies de madera (*Pinus sp*, *Quercus sp* y *Cocos nucifera*) secadas en estufa convencional, en secador solar y al aire libre. Para esto utilizó el secador solar del Instituto de Madera Celulosa y Papel de la U. de .G.. Menciona que para madera de *Quercus sp* de 2” secado en estufa convencional son necesarios tiempos hasta de 1.5

meses, lo cual repercute considerablemente en el consumo de energía y por consiguiente en los costos de secado. Por otra parte, la madera de *Pinus sp* de 2" secada con horno solar resultó ser de buena calidad con contenidos de humedad cercanos al 12%, pero en el caso de maderas duras el tiempo se prolongó hasta dos meses para alcanzar ese mismo nivel de humedad. En el caso del secado al aire libre se logró secar la madera de pino pero el tiempo fue mas largo (35 días), en el caso de la madera de *Quercus* el CH no se logró disminuir de 20%, además se presentaron grandes cantidades de grietas, rajaduras y deformaciones. Finalmente se concluye que es posible combinar el secado solar llevando la madera hasta un 25% de CH y posteriormente llevarla al secador convencional y lograr el CH final deseado implicando menores costos de hasta un 50%.

Secador solar en España, **Álvarez y Fernández (1990)**, reportan un secador solar con capacidad de la cámara de secado de 2 m^3 . La pared Sur está hecha de paneles prefabricados (30, 45, 60 y 90 cm de ancho) compuestos de dos láminas de metal galvanizado de 0.50 mm de espesor y 33 mm de una espuma de poliuretano en el centro. El colector solar tiene una lámina de aluminio corrugado, de 1 mm de espesor, pintado de color negro. En la cámara de secado se tiene una ventila de 5 cm de espesor. La estructura es de metal y sobre ella una lámina de aluminio. La pared Sur del colector tiene una inclinación de 30° con un área total del colector de 9.48 m^2 . Se tienen dos ventiladores, los que proveen una velocidad del aire de 1.5 m/s, una renovación de 2,500 m^3/h de aire. Estos ventiladores tienen un diámetro de 40 cm, se instalaron a 60 cm por encima de la pila de madera.

Estufa solar construida en el Centro Industrial Magallanes en el municipio de Irimbo, Mich., **Ochoa (1991)** indica que este secador tiene una cámara con capacidad para 10,000 pt. El colector solar consta de una lámina acanalada de aluminio cubierta con pintura anticorrosiva color negro mate, para hacer circular el aire caliente en toda la cámara, se cuenta con 3 ventiladores de $\frac{3}{4}$ HP y otros 3 de 125 volts, con aspas de 50 y 25 cm respectivamente, además cuenta con 4 ventilas colocadas una en cada vértice de la cámara. La pared Norte esta construida con un recubrimiento de tabla yeso en ambos lados, con un relleno de espuma de polietileno (muro termo aislante) de 6" de espesor, El resto de los muros se construyeron con bastidores de madera, cubiertos por dos capas de plástico transparente con una separación de 10 cm ya que con esto se pretendió evitar las fugas de calor. La cimentación consta de una loza de concreto de 10 cm de espesor y una dala perimetral en donde se colocaron anclas para sujetar la estructura.

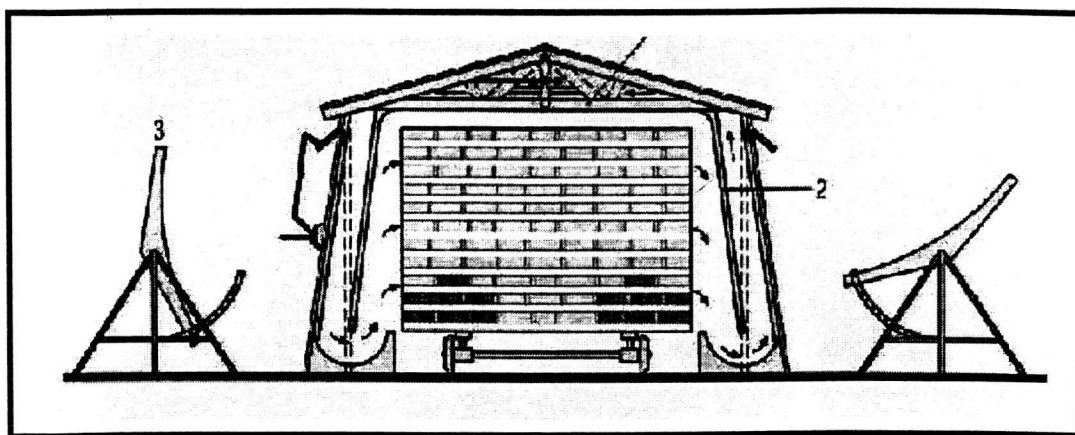


Figura 8. Horno reflector de Uganda. 1. Absorbente horizontal; 2. Absorbente vertical; 3. Reflector

Horno reflector de Uganda. **Plumptre (1996)**, construyó este horno para operar cerca de la línea del Ecuador. Sus dos techos simétricos miran al Este y Oeste, respectivamente (ver figura 8) Puede mantener 13 m^3 de madera. El horno en forma de carpa consiste de

una estructura de marcos de madera cubierta por una doble capa de película de polietileno. Debido a su limitada durabilidad física y gradual pérdida de transparencia efecto de la radiación ultravioleta, la película de polietileno debe ser reemplazada al menos cada año. Una lámina negra de aluminio sobre la pila de madera y continuando hacia los costados hasta más o menos medio metro del piso sirve como absorbente. Los cuatro ventiladores reversibles del horno son accionados por un par de motores de 0,75 Kw montados en el exterior. La madera es cargada en el carrito del horno. En ambos lados, Este y Oeste, reflectores curvos dirigen la luz solar intensa a través de las capas de polietileno hasta encima del absorbente. Los reflectores pueden ser ajustados a intervalos de una hora para seguir el movimiento del sol.

Horno con colector externo de Indonesia. **Gate (1996)**, en este secador el área del colector externo es de 230 m^2 esta localizada arriba del horno. Diseñado para usarse en conjunto con un horno de residuos de madera instalado en un cuarto de la caldera al costado del horno, tiene un diseño para una capacidad por carga de 100 m^3 de madera para uso en la manufactura de puertas. (ver figura 9).

Los colectores están cubiertos con una capa simple de 5 mm de espesor de vidrio templado, y esteras de fibra de carbón que permiten el flujo de aire son utilizados para el absorbente. El aire es transportado desde el área del colector hasta el horno por medio de tubos cubiertos con aislante. El horno en sí es altamente cubierto con aislante de fibra de vidrio entre los paneles de aluminio (construcción en forma de sándwich). Toda circulación de aire (incluyendo la ventilación) es reversible, con regulación totalmente provista por un sistema automático de medidores de humedad, termostatos y celosías

impulsadas por motores eléctricos de velocidad variable y los dispositivos de control requeridos.

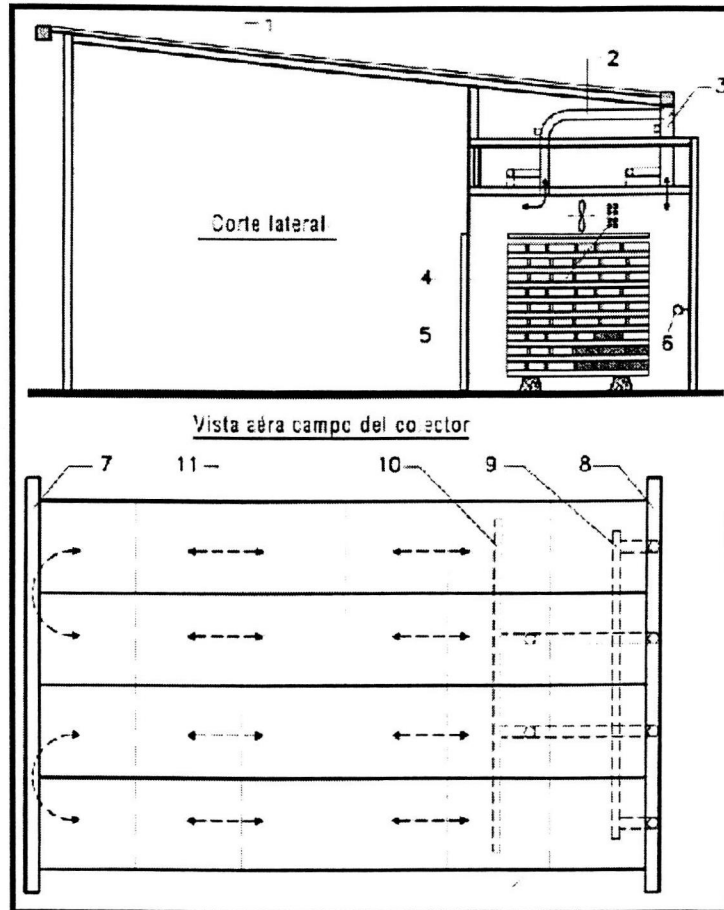


Figura 9. Horno colector externo de Tangerang 1. Campo del colector externo; 2. Tubo de aire para el transporte de aire caliente del colector hacia el horno (flujo de vuelta al 3 hacia atrás); 3. Tubo de aire para transportar aire viciado del horno al campo del colector para ser recalentado (flujo de vuelta al 2 hacia atrás); 4. Serpientes de calentamiento de vapor del quemador de residuo; 5. Puerta corrediza; 6. Tubo para vaporización; 7. Ducto de retorno de aire; 8. Entrada de aire ducto de salida del campo del colector; 9. Escape ventilación de aire fresco; 10. Escape de ventilación de aire fresco; 11. Flujo de aire

En un sistema de circulación de circuito cerrado, el vapor sobrecalentado es transmitido desde la caldera hasta las serpentinas de calentamiento en el horno que calienta el aire a medida que este va pasando. Un tubo de vapor separado hace posible aumentar la humedad relativa rápidamente en caso necesario. Se sabe que la construcción del horno ha sido un tanto costosa; desdichadamente, no existen ninguna información disponible hasta el momento en referencia a su viabilidad económica.

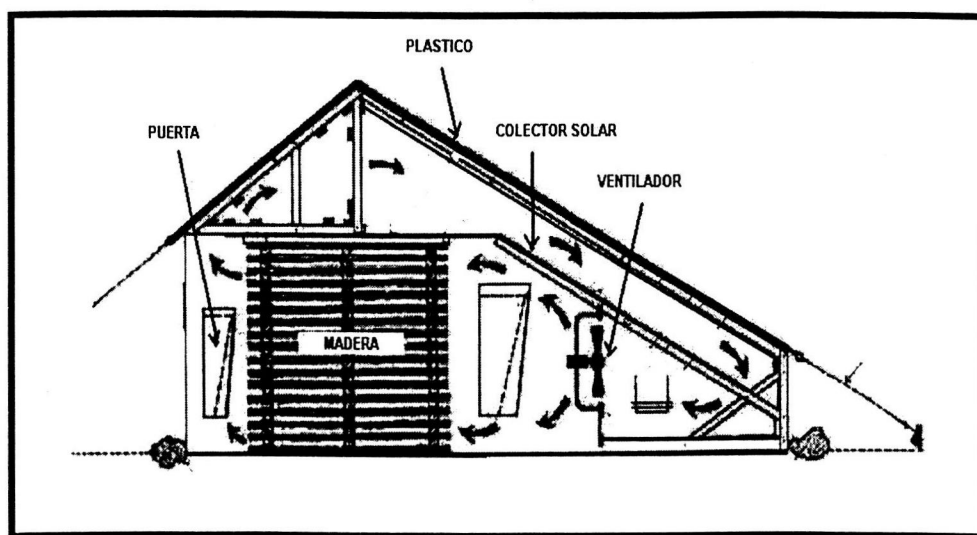


Figura 10. Secador solar construido en San Martinito, Edo. de Puebla, México.

Secador solar "San Martinito" del INIFAP, **Fuentes (1996)**, describe un secador solar construido en el Campo Experimental Forestal ubicado en el Edo. de Puebla (ver figura 10), basado en el secador solar Oxford modificado. Consta de una cámara fabricada con bastidores de madera y recubrimiento de plástico transparente en todas sus partes, tiene una superficie aproximada de 25 m^2 de la cuál solo 18 m^2 representan la superficie útil; el techo asimétrico de dos aguas. El colector se construyó con lámina galvanizada acanalada y pintada de negro mate con el fin de favorecer la máxima absorción de energía y reducir la reflexión, el área del colector es de 30 m^2 compuesta por dos partes:

una paralela al piso y otra con una pendiente de 25°. Cuenta con dos ventiladores axiales de 61 cm de diámetro con motor de $\frac{3}{4}$ HP y montados en una mampara de contrachapado. Tiene una capacidad de 2,000 a 2,500 pt de madera aserrada.

3.2 Secado al aire libre

Referente a los procesos de secado, en este caso el secado al aire libre, se tienen varias experiencias sobre la evaluación de la calidad y tiempos de secado, así, **Gammon (1971)**, cita que el tamaño de las grietas abiertas, reducen el rendimiento potencial de la madera en el mobiliario. La cantidad de pérdidas causadas por la presencia de grietas en especies como roble, es considerable, por tanto, se debe aumentar el tiempo de permanencia de la madera en el patio. Por el contrario, la madera secada en estufa, no tiene dificultades sustanciales y se puede combinar el secado al aire libre a 25% a 30% CH y después usar secado convencional. Por consiguiente, es conveniente secar al aire más o menos a un promedio de 25% CH. Por lo tanto la combinación de los sistemas de secado arroja un menor costo al final de tal práctica.

En general la aplicación apropiada de los principios de secado al aire puede hacer este método más eficaz y en algunos casos muy aprovechable. Sin embargo, cuando existe humedad alta, lluvias fuertes, y nieblas considerables pueden causar descoloramiento, todo esto aunado con vientos fuertes en combinación con baja humedad relativa (HR) puede causar rajaduras y grietas severas.

Rietz (1972), menciona que la estación del año en particular, es de gran importancia para secar madera al aire libre, ya que la duración del tiempo de secado depende de la cantidad de humedad que haya en el medio y del CH final deseado. Las maderas verdes

apiladas en el patio durante los meses calurosos son beneficiadas con aire seco, y el periodo de secado es significativamente corto, por otro lado, las maderas que se apilan en otoño e invierno requieren un mayor periodo para su secado.

Un calendario de secado, entonces, se relaciona directamente a los cambios de temperatura de mes a mes. Si el máximo de días eficaces de secado en cualquiera mes es 30, probablemente durante los meses de verano, pero, durante los meses fríos se deben tener seguramente pocos días eficaces para el secado al aire libre. Este autor reporta los días eficaces de secado en el cuadro 2.

Cuadro 2. Días eficaces de secado al aire libre

MES	Días efectivos de secado	MES	Días efectivos de secado
Enero	5	Julio	30
Febrero	5	Agosto	30
Marzo	10	Septiembre	25
Abril	20	Octubre	20
Mayo	25	Noviembre	10
Junio	30	Diciembre	5

Este calendario indica que hay 215 días durante el año que son eficazmente potenciales para el secado al aire libre. La madera de 1" se seca en 60 días cuando es apilada durante los meses de junio o julio, ya que el número de días eficaces requeridos para el secado son 60. Si la madera verde es expuesta a principios de noviembre, los 60 días eficaces de secado agregan como sigue: noviembre 10, diciembre 5, enero 5, febrero 5, marzo 10, abril 20, y mayo, 5, para que la madera baje a un 20% de CH aproximadamente. Si la madera es expuesta a mediados de enero, quizás pueden esperarse sólo 2 días de secado eficaces. El total de 60 días de secado se agregan como sigue: enero 2, febrero 5, marzo

10, abril 20, y mayo 23, para un total de 60 días eficaces de secado. En otras palabras, madera de 1" que es expuesta a mediados de enero requiere 60 días eficaces de secado, por tanto, para alcanzar un 20% de CH el periodo se prolongará hasta finales de mayo.

López (1985), realizó un experimento, secando madera de *Pinus hartwegii* al aire libre en el patio de secado de la División de Ciencias Forestales, en Texcoco Edo. de México. La madera utilizada fue de 1" de espesor, anchura variable y 8' de longitud, de manera semejante al estudio anterior se experimentó con la diferente orientación de las pilas de madera, de la misma manera se usaron fajillas de dos espesores, los cuales corresponden a 1.91 y 2.54 cm de espesor; se evaluaron tiempos y calidad de secado. Cabe mencionar que este trabajo se llevó a cabo durante los meses de junio a septiembre.

Se encontró que la madera de esta especie, considerando las condiciones climáticas del periodo, necesita de 50 a 55 días para secarse, siendo el factor de mayor influencia el espesor de las fajillas, principalmente en lo referente a la velocidad del secado. La orientación de las pilas repercutió directamente en la calidad del secado, se reflejó en la presencia de rajaduras principalmente en las pilas ubicadas E-W; pero este factor no afectó la velocidad de secado. El mayor defecto fue la presencia de la mancha azul presente principalmente en la madera apilada con fajillas delgadas (1.91 cm), por lo que se recomienda que la madera de *P. hartwegii* se apilarse usando fajillas de 2.5 cm de espesor y orientando las pilas en dirección N-S, obteniéndose así buenos resultados.

Simpson y Tschernitz (1988), en el Laboratorio de Productos Forestales (USDA) diseñaron un prototipo de prueba económico, con capacidad de 6,000 pt, en el cual combinaron la energía solar y la energía producida de los desperdicios de madera. Posteriormente se construyó con fines comerciales en una fábrica en Sri Lanka la cual procesa madera de hule (*Hevea brasiliensis*) para fabricar mobiliario y vigas laminadas.

Posteriormente se realizaron una serie de pruebas operacionales para evaluar captación de energía y evaluar su eficiencia. Los resultados obtenidos fueron que cuando la entrada de energía solar es grande, el horno es muy eficiente, pero en días nublados, la entrada de energía solar es mínima y por lo tanto es necesario suministrar energía adicional con los desperdicios de la madera, la cual proporciona la mayoría de la energía secante.

El horno de energía solar descrito en este documento es capaz de secar madera desde el estado verde en un periodo de tiempo razonable (7 a 14 días) a contenidos de humedad bastante aceptables y suficientes para usar la madera en mobiliario. El colector solar opera de un 36 a 40 % de eficiencia, y en días nublados con un poco menos, tal vez sea comparable con la energía que se utiliza durante la noche. Alternativamente, en periodos de días nublados, el horno cuenta con un quemador de desperdicios de madera, el cual puede proporcionar energía suficiente para lograr el secado.

Morales y Monroy (1992), secaron al aire libre dos especies del género *Pinus* en la Universidad Autónoma Chapingo en Texcoco, Edo. de México, durante el periodo

comprendido de mayo a junio (época seca), se utilizó madera de 1" de espesor, con anchos variables y 8' de longitud. De igual forma se consideraron dos variables englobadas en el apilado de la madera las cuales correspondieron al grosor de las fajillas separadoras (1.91 cm y 2.54 cm respectivamente), también se consideró la orientación de las pilas de madera usado la Norte-Sur y la Este-Oeste y posteriormente se realizaron comparaciones. Para cada especie se evaluaron los tiempos y defectos, así como las mermas económicas ocasionadas por los defectos. De igual forma se determinaron los resultados anteriores para cargas en las cuales se llevó a cabo la mezcla de las dos especies, obteniendo resultados satisfactorios.

Por último, los mismos autores llegan a la conclusión de que tanto para madera de *Pinus hartwegii* como de *Pinus montezumae*, los tiempos de secado son en promedio de 27 días, llegando a un CHf de 11.6%. No se encontró influencia en lo referente a la orientación de las pilas de secado, así mismo, tampoco se vio afectado el proceso debido al espesor de las fajillas separadoras en lo que se refiere a tiempos de secado. Pero en cuestión de los defectos, la calidad se notó disminuida principalmente debido a la presencia de gritas y el manchado de la madera (mancha azul), llegando a la conclusión que la madera de *P. montezumae* es mas susceptible al manchado en comparación con el *P. hartwegii*, principalmente en pilas construidas con fajillas de 1.91 cm de espesor. Los autores recomiendan la utilización de algún material que pueda evitar la presencia de rajaduras en las cabezas de las tablas.

3.3 Secado en secadores solares

Ochoa (1991), en la cámara descrita por este mismo autor anteriormente, que es la de mayor capacidad que reporta la bibliografía, se indica que se han realizado varios experimentos obteniendo resultados satisfactorios; por ejemplo, se ha secado encino con un contenido de humedad inicial (CHi) de 60% y se ha llevado hasta un 12% de contenido de humedad final (CHf) promedio en 28 días y con un CHi de 28% después de un presecado al aire libre, se han logrado CHf hasta de un 10% en un tiempo efectivo de 22 días. Debido a que el secado solar es un proceso lento, los defectos presentes como por ejemplo las rajaduras y deformaciones son mínimas, el promedio de pérdidas en las cargas estudiadas se calculó en un 5%.

Fuentes (1996), en su estudio comparativo de tres sistemas de secado, aplicados a madera de encino (*Quercus sp*), utiliza los tres sistemas que son: secado al aire libre, secado solar y secado convencional. Para el secado solar utiliza el secador descrito en la cita anterior; para el secado convencional se utilizó un secador tipo Moore con capacidad de 2500 pt.

Antes de someter la madera a los procesos de secado, se contabilizaron el número de defectos presentes en cada pieza de madera. Posteriormente después de secadas se evaluó la calidad de secado, para esto se utilizó¹ la norma Chilena NChl. 178.Of.79, la cual maneja rangos permisibles en cada tipo de defecto de acuerdo a las dimensiones de la pieza.

¹ Investigador del INIFAP. Documento interno.

También se evaluaron los tiempos de secado en los tres sistemas con base al CH promedio de las 4 muestras por carga. Finalmente se evaluaron los costos de secado, considerando diversos factores que influyen en este como lo es por ejemplo el tiempo de duración del secado. Finalmente el autor concluye que en el secado solar la intensidad y magnitud de las grietas fue menor, lo que habla de una mejor calidad de secado, además el costo resulto ser el más bajo comparando los tres sistemas. En lo referente a los tiempos comparativos en los tres sistemas de secado se tiene que: para el secado al aire libre fue de 128 días, para el secado solar de 38.5 días y para el convencional fue de 9.75 días, es decir, el secado solar es 3.3 veces menor que el secado al aire libre y 3.9 veces mayor al secado convencional.

En este mismo secador, **Ávila¹** (s/f), realizó un experimento utilizando el secador solar de San Martinito aplicado a madera de tres especies de coníferas las cuales fueron: *Pinus hartwegii*, *Pinus montezumae* y *Pinus ayacahuite*. Las tablas utilizadas se aserraron a 1" de espesor para varios anchos y longitudes de 8'. En este estudio se comparó el secado solar y el secado al aire libre; en el primero se determinó que el CHi de las tablas se encontraba entre 90 y 140% de CH y para el segundo era de 90 a 150% de CH. Menciona que las temperaturas alcanzadas para el mes de mayo fueron de 50° C la máxima y de 8° C la mínima.

Finalmente obtiene como resultados que la madera de *Pinus hartwegii* se secó en un periodo de 30 días, la madera de *Pinus ayacahuite* en 20 días y la de *Pinus montezumae* duró 12 días en secarse en la estufa solar, desde un CHi de 140%, 120% y 110% respectivamente, hasta un 10% de CHF, además cabe mencionar que la calidad de

madera fue óptima ya que resultó sin defectos. Al comparar los tiempos de secado en estufa solar con los tiempos de secado al aire libre se tiene que para madera de *P. Hartwegii* tardó 45 días para alcanzar un CHf de 18%; el *P. Ayacahuite* tardó 45 días para llegar a un 13% de CHf y para el *P. montezumae*, el periodo de secado al aire libre fue de 25 días, lo cual quiere decir que el secado solar representó una reducción de tiempos de secado de casi un 50% en relación al secado al aire libre.

Viehbeck (1999), hace una descripción de la forma en que debe operarse un secador solar, menciona todos los cuidados que se deben tener desde el cargado del horno, hasta la etapa de acondicionamiento la cual es de gran importancia para obtener una buena calidad de la madera secada. Dice que la madera que fue cortada por una sierra de cinta múltiple es de gran importancia remover el polvo con un artículo tipo cepillo, ya que el proceso de secado puede ser retardado, es decir, será más difícil para el aire que circula sacar la humedad de la superficie de la madera debido al polvo.

La deformación de la madera también puede ser prevenida usando aparatos de tensión especiales para presionar la madera desde encima de la pila. Respecto al cargado del horno recomienda apilar la madera afuera y utilizar montacargas para llevar la pila dentro del horno. Vagones o carros encima de rieles que puedan ser cargados y empujados al horno son aún más efectivos ya que necesitan poco tiempo de cargado, particularmente si los rieles van hasta dentro del horno y salen por atrás. El horno debe estar siempre completamente lleno para evitar que el aire encuentre atajos. Se deben colocar desviadores tanto en el espacio que resulta en parte superior de las pilas así como en las lados de las mismas. El espacio entre las pilas de madera y las paredes del horno debe ser de 60 a 70 cm aproximadamente.

Empezar el proceso de secado con las rejillas de ventilación cerradas, ayuda a mantener una alta HR, esto se necesita para evitar que la superficie de la madera se seque muy rápidamente. Se puede añadir humedad para evitar un secado rápido al principio del proceso; o para compensar una temperatura ambiente muy alta ya que en términos prácticos, los defectos de secado sólo pueden ocurrir cuando la insolación está al punto más alto, por ejemplo, entre las 11:00 a.m. y las 3:00 p.m. especialmente durante la primera etapa del proceso.

Por otra parte, los hornos solares representan un método de secado seguro, suave y económico. Con el fin de equilibrar el CH y aliviar los potenciales puntos de tensión que se forman durante el proceso de secado, el secado debería ser continuado hasta que el CH actual alcance 9 - 10%, esto ayuda a que los puntos más mojados alcancen aproximadamente el 12% deseado, mientras que la superficie de la madera secará por debajo de 12%. Entonces, aire bien húmedo (alta humedad relativa) puede ser inyectado para rehumedecer la superficie, equilibrando las diferencias dentro de la madera y por todo la pila de madera, debido a que la madera más seca absorberá más humedad. Después del tiempo de acondicionamiento, la madera deberá enfriar por un día o más con los ventiladores apagados y los respiraderos abiertos.

La operación rutinaria de un horno solar deberá incluir el abrir las ventilas unos minutos antes de que los ventiladores sean apagados al final del día para dejar salir el aire húmedo y evitar que se condense durante la noche. Por la mañana iniciar el proceso de

secado con las ventilas cerradas con el fin de facilitar la acumulación de calor y humedad.

Durante la noche, la superficie de la madera se enfría más que el interior. El agua deja de evaporarse de la superficie, pero cierta cantidad de agua todavía continua moviéndose del interior hacia la superficie. En épocas de lluvias el proceso de evaporación se retarda de manera significativa, por tanto los ventiladores deben funcionar día y noche.

Dening, Wengert y Simpson (2000), mencionan que las maderas pueden ser presecadas al aire libre antes de cargar en el horno solar, es decir, no cargar el horno con madera verde que viene directamente del aserradero, pero esto implica un severo problema, ya que a menudo las maderas que son secadas al aire libre, se ven afectadas por pérdidas de calidad como resultado de condiciones climáticas desfavorables. Por otro lado, la madera verde recién aserrada secada dentro de un secador solar, permite el manejo de algunas de las condiciones secantes a lo largo del ciclo, asegurando así una calidad excelente del proceso. Aseguran que para madera de 4/4 se necesitan de 4 a 5 semanas para su secado con buenas características climáticas. Además, por la noche cuando el secador refresca y la humedad sube, el agua puede condensarse en las paredes del horno. Esta es una parte esencial en el proceso de secado; ya que releva tensiones que se desarrollan en la madera durante el día. Por esta razón, no es necesario almacenar calor solar durante el día para ser usado en la noche a menos que un rocío de agua o el sistema de vapor este disponible para poder aliviar las tensiones de secado.

4. METODOLOGIA

4.1 Construcción del secador solar

4.1.1 Limpieza del terreno

Para la ubicación del secador solar para madera aserrada, se eligió un sitio dentro del patio de secado de la División de Ciencias Forestales. Debido a que el lugar seleccionado se encontraba cubierto de maleza, se procedió a la limpieza del mismo (ver figura 11).

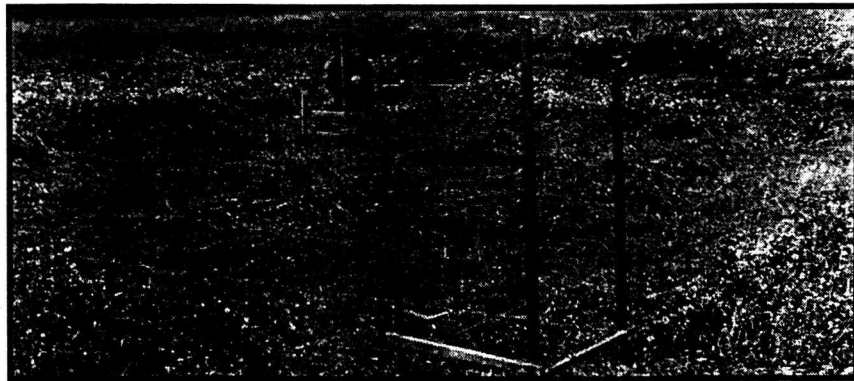


Figura 11. Limpieza del terreno

4.1.2 Trazo de la base (cadena de concreto)

La marcación de la base consistió en la formación de un cuadro con las medidas especificadas en el plano (6.0 x 5.50 m). Posteriormente, con la ayuda de hilos, se ubicó una línea recta con rumbo Norte, con esto se aseguró la orientación del secador. En seguida, se trazaron las escuadras tomando como referencia la línea antes mencionada además de sus medidas.

Una vez que se trazó y se orientó el cuadro correctamente, se realizó la excavación de una zanja de 40 cm de ancho por 15 cm de profundidad, esto con el fin

de asegurar el anclaje de la cadena al terreno. Al mismo tiempo se llevó a cabo el armado de la cadena, es decir, se amarraron los anillos de alambón (con separación de 20 cm) a cuatro varillas y también se colocaron los anclajes que soportarán al PTR (postes metálicos) y a los pies derechos de madera, de modo que la estructura de la cadena quedó como se ilustra en la figura 12.

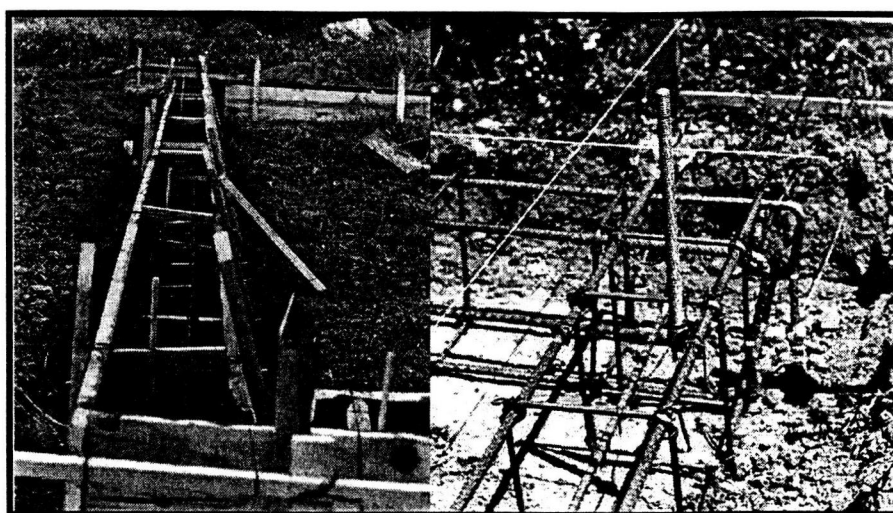


Figura 12. Cimbra para cadena (izq.), detalle de anclaje para madera (der.)

Cabe aclarar que los anclajes se construyeron con secciones de varilla roscada (3/8") de 20 cm las cuales se soldaron en una base de solera de 0.31 cm x 3.75 cm x 17.5 cm (para pies derechos metálicos, PTR). En el caso de los anclajes para la madera, solo se colocaron secciones de varilla roscada (1/2") de 25 cm de largo sin base de solera, ya que solo se anclaron con alambre requemado al armazón de varilla.

Para el colado de la cadena, se utilizó una cimbra construida con tabla, asegurando que la altura de la cadena se ajustara a 30 cm (ver figura 13). Finalmente se realizó el llenado del cajón con concreto y una vez fraguado el cemento se retiró la

cimbra de madera. Posteriormente se construyó una parrilla con varillas sobre toda el área de la estufa, y se cubrió con 10 cm de concreto, formando así el piso de la secadora.

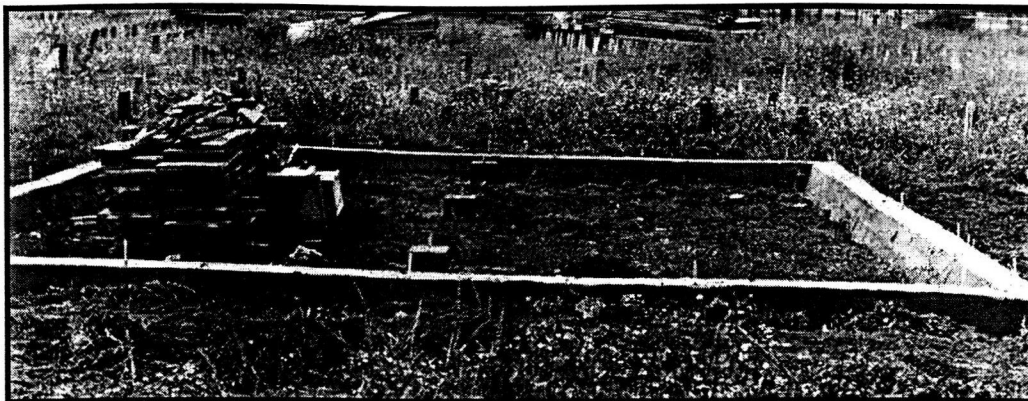


Figura 13. Cadena perimetral

4.1.3 Construcción del armazón para soporte del colector

Para los postes que funcionan como sostén de toda la estructura del colector se utilizó PTR de $\frac{1}{2}$ " x $3\frac{1}{2}$ " x 19'. Se utilizaron tres secciones de 2.16 m para el lado Sur; de las cuales dos se colocaron en los extremos Este y Oeste respectivamente y uno en el centro. Para el lado Norte se utilizaron otras tres secciones de 3.70 m, colocadas de igual manera. Además se instaló un poste en la parte central de la estructura metálica. Todos los postes fueron anclados mediante una sección de ángulo de 17.5 cm (7") de largo soldada en un extremo del poste y con un par de orificios los cuales embonaron en los tornillos de anclaje, se fijaron mediante tuercas y rondanas. Al otro extremo del poste se realizó un corte a 19° para lograr la inclinación del colector.

Posteriormente, para los largueros se utilizaron secciones de PTR con una longitud de 5.68 m para el lado Este del secador y de 5.66 m para el lado Oeste. Para los travesaños se usó tanto el PTR como el perfil tubular de $\frac{1}{2}$ " x $3\frac{1}{2}$ ", se distribuyó de la

siguiente manera: en el extremo Sur se soldaron travesaños de PTR con una longitud de 2.76 m en el extremo Este y de 2.75 m en el Oeste. Para el lado Norte se utilizaron secciones de 2.77 m (E) y de 2.75 m en (W). Justamente en el centro de la estructura se colocaron travesaños de perfil de 2.76 m (E) y de 2.75 m (W) (ver figura 14 izq.) . De este modo se formaron cuatro cuadros con estructura metálica. Para asegurar que la lámina negra no se deformara por su propio peso, se colocaron otros tres travesaños en cada cuadro de la estructura. Todos los travesaños y postes fueron unidos mediante soldadura, realizándose este trabajo en el terreno.

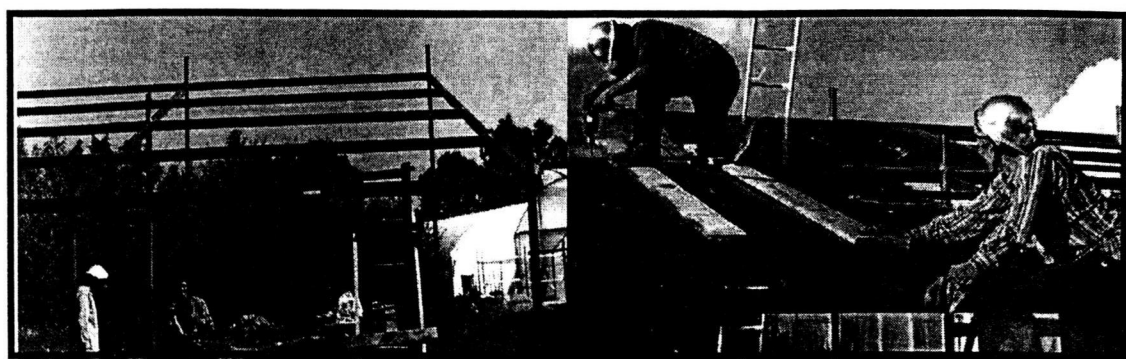


Figura 14. Colector solar (izq.) estructura metálica, bastidor inferior, tendido de lámina metálica (der.)

A continuación se colocaron láminas metálicas sobre la estructura (bastidor inferior) y se fijaron con pijas autorroscables, (ver figura 14 der.). Una vez colocada la lámina, se construyó otro bastidor en la parte superior del colector, la cual funcionará como soporte del transmisor selectivo (plástico). Figura 15.

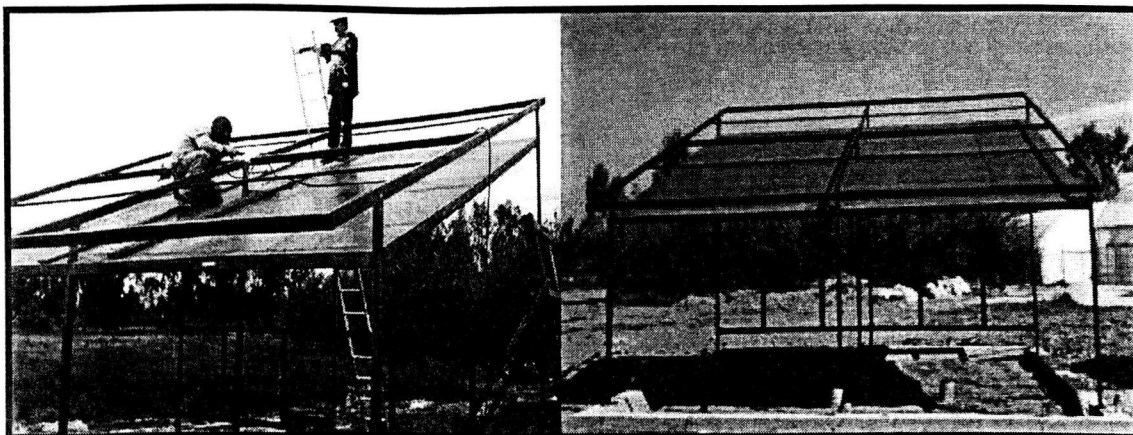


Figura 15. Bastidor superior del colector solar (izq.), Colector solar final (der.)

4.1.4 Soportes para ventiladores

Con el apoyo de los postes colocados de lado Norte, se construyeron un par de marcos con PTR, los cuales soportan los ventiladores; utilizando dos travesaños, uno a 0.32 m a partir del piso y de igual forma se soldaron travesaños a 1.40 m de ambos lados. Luego se cortaron cuatro piezas de PTR de 1 m y se soldaron paralelas a los postes a 0.80 m de estos, de tal manera que el espacio entre las dos secciones de PTR y los travesaños antes mencionados formaran un cuadrado de 1 m^2 . Posteriormente para soportar el triplay, se colocaron piezas de tubular de acuerdo a las medidas de los tableros (1.22 x 2.44). Ver figura 16.

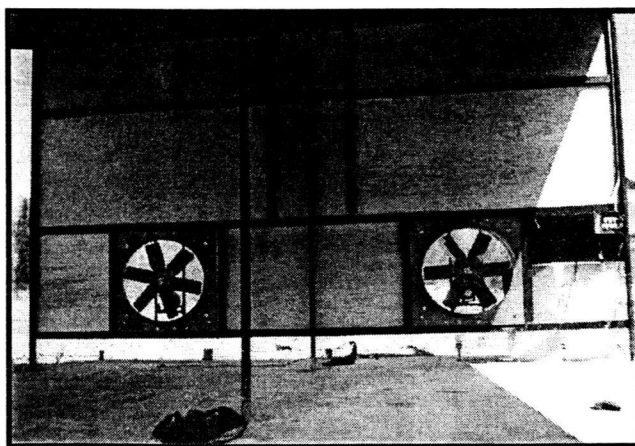


Figura 16. Soporte de ventiladores.

4.1.5 Pintura de la estructura metálica

Una vez terminada toda la estructura metálica, se procedió a darle un recubrimiento como protección contra la corrosión causada por la humedad; para esto se utilizó pintura vinílica color negro mate. En el caso de la lámina metálica el color negro mate permite la mayor absorción de energía proveniente del sol y reduce la cantidad de energía reflejada, con esto se incrementa la eficiencia del colector solar, y, para el caso de travesaños y postes, se realizó con el fin de reducir el pronto deterioro del metal debido a la humedad.

4.1.6 Construcción de los bastidores de madera y armado de la estructura

Para el caso de los lados Norte y Sur, se construyeron bastidores de 1.90 x 1.94 m tres para cada lado. En cada uno de los bastidores se construyó una ventila de 60 x 65 cm. En el lado Sur estas tres estructuras fueron suficientes para cubrir la altura del secador; pero en el lado Norte sirvieron como base para otras estructuras de 1.90 x 1.95 m, las cuales se colocaron posteriormente.

De igual forma para los lados Este y Oeste se construyeron bastidores diferentes medidas ya que sobre estos lados se localizan las puertas, tanto de carga como de inspección. Para el lado Este se construyeron dos bastidores de 1.20 x 1.94 m para las esquinas, y uno de 2.40 x 1.94 m el cual se ubicó en el centro, con esto se tienen dos puertas de inspección de 0.73 m. para el caso del lado Oeste se construyó un par de bastidores; uno de 2.30 m y otro de 2.40 x 1.94 m colocados en los extremos, quedando una puerta de carga y descarga de 6' de ancha.

Para la colocación de cada uno de los módulos construidos, se utilizaron primeramente soleras de desplante de 3 ½" de ancho y 1" de espesor sobre todo el perímetro de la construcción, estas fueron perforadas para poder anclarse en los tornillos. Posteriormente se colocaron los bastidores y se anclaron con rondanas y turcas a las soleras de desplante. Para cerrar el primer tendido se colocaron en la parte superior de los bastidores soleras de cerramiento con el propósito de proporcionar estabilidad a la estructura.

Los bastidores de la parte superior de la estructura se construyeron de 1.90 x 1.95 m, los cuales se colocaron con la inclinación marcada en los planos y usando como base el primer tendido. Para los lados Este y Oeste se construyeron 3 bastidores triangulares para cada lado siguiendo la forma de la estructura como lo indican los planos. Para las uniones entre un bastidor y otro se utilizaron tornillos de 3/8" con tuerca y rondana. Finalmente se colocaron soleras de cerramiento, para dar soporte a toda la estructura terminada (ver figura 17).

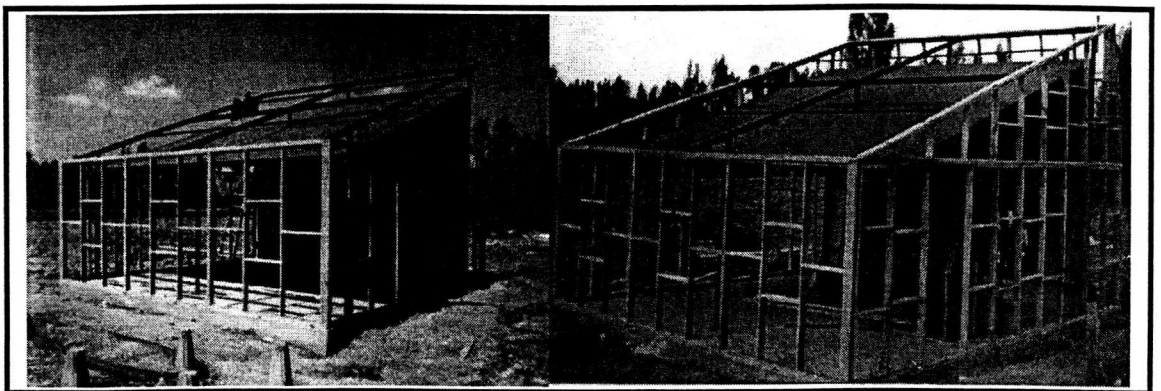


Figura 17. Estructura de madera constituida por bastidores

4.1.7 Instalación eléctrica

Para la instalación eléctrica fue necesario sacar una línea con corriente trifásica del aserradero, con cable calibre 10 y un par de bastidores. Para la instalación dentro de la estufa, se colocó un tablero en el cual se establecieron tanto los arrancadores de los ventiladores, estaciones de botones, así como, el interruptor de navajas 3 x 30. Finalmente, cada ventilador se conectó a su arrancador correspondiente. Los diagramas de la instalación eléctrica se presentan en los anexos 9 y 10.

4.1.8 Colocación de la malla de alambre

Con la finalidad de dar soporte al plástico para invernadero, se colocó un tendido de malla de alambre para gallinero de 1 ½" de abertura y 1.50 m de ancha sobre toda la estructura de madera, incluyendo la parte superior (colector). Se tuvo especial cuidado en la tensión de la malla, ya que de esto dependería la estabilidad de la cubierta final (plástico). Para la unión de las secciones de tela se utilizó alambre galvanizado de espesor medio. Figura 18.

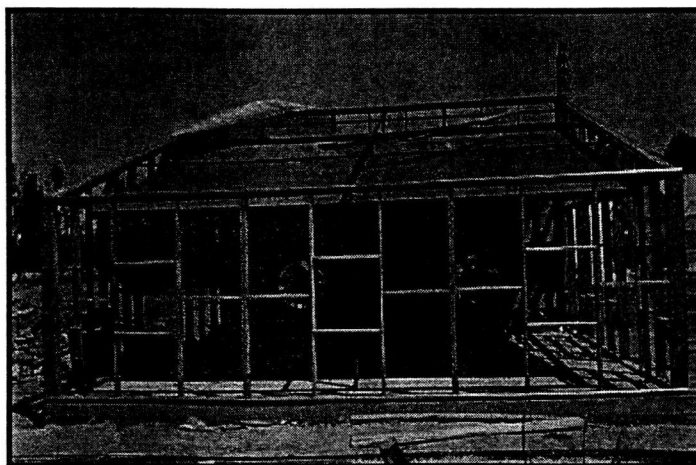


Figura 18. Colocación de la malla de alambre para gallinero, parte superior.

4.1.9 Colocación del recubrimiento final (plástico para invernadero)

Para el establecimiento del plástico para invernadero, se colocaron perfiles polygrap con pijas de $\frac{1}{4}$ " x $1\frac{1}{2}$ " en las partes inferior, media y superior de la estructura de madera en las cuatro caras de la cámara, estos sirvieron para fijar el plástico. Posteriormente se cortó en cuatro secciones el plástico y se colocó fijándolo a los perfiles por medio de resorte. Para el caso de puertas y ventilas, se utilizaron perfiles adicionales, formando un marco en cada una de estas, finalmente el plástico que las cubría se retiró. Ver figura 19.

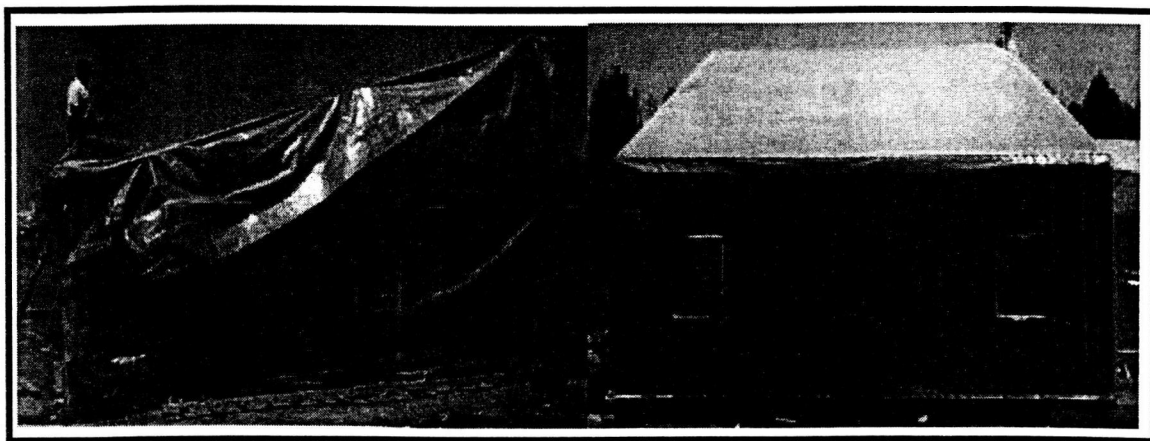


Figura 19. Recubrimiento final, plástico para invernadero

4.1.10 Construcción y colocación de puertas y ventilas

Para la fabricación de las puertas tanto de inspección como carga, se utilizaron bastidores de madera forrados con una capa de triplay, para su colocación se utilizaron 4 bisagras de 3" para cada puerta y posteriormente se les colocó sus accesorios (pasador y jaladera).

De igual manera se construyeron las ventilas con su respectivo bastidor forrado con triplay además de sus accesorios (pasador y jaladera). Para su colocación se

utilizaron 2 bisagras de 2 ½” para cada ventila. Cabe señalar que a pesar que se construyeron 3 ventilas para cada lado (pared Norte y Sur), solo se utilizaron 2 por cada lado y un se dejó sellada con plástico. Ver figura 20.

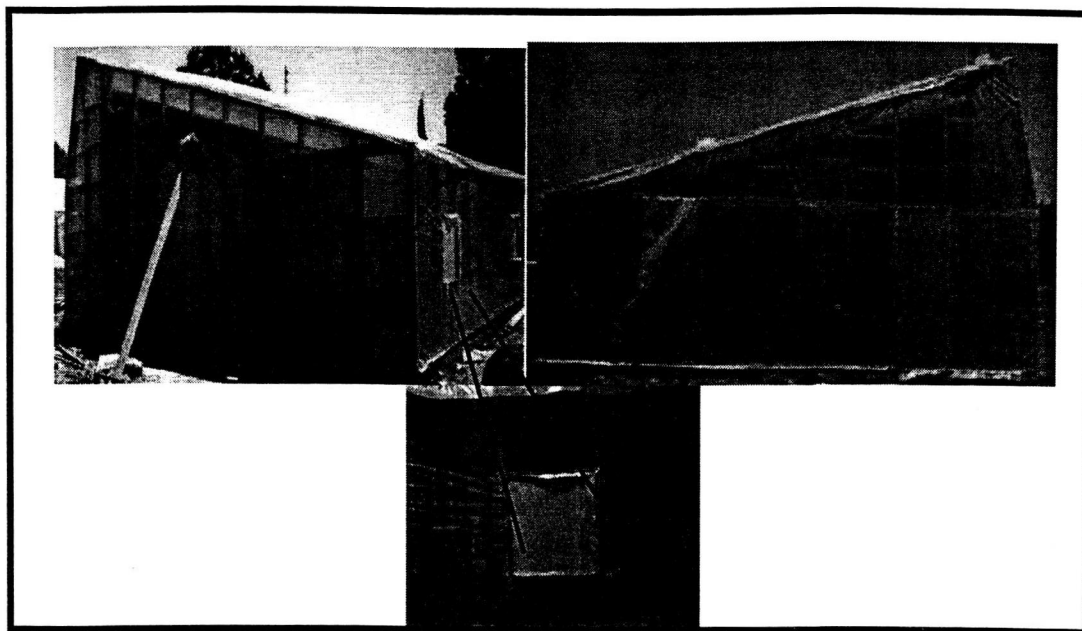


Figura 20. Colocación de puertas y ventilas.

4.2 Evaluación del secado

4.2.1 Inspección de tablas

Antes de someter las tablas a los diferentes procesos de secado, se determinaron sus dimensiones como lo es ancho, grueso y longitud, así como la evaluación de defectos, como, grietas, rajaduras y deformaciones (ver figura 21), esto se realizó con el fin de no confundir estas mermas en la calidad causadas por los procesos de secado. Se midió el número y magnitud de cada defecto, así como las dimensiones de cada tabla. En el caso de grietas y rajaduras, se realizó un conteo, se midió la longitud de cada una y finalmente se anotó la suma acumulada de cada defecto (grieta o rajadura) en ambas

caras de las tablas. Para las deformaciones se midió la flecha de deformación para cada defecto.

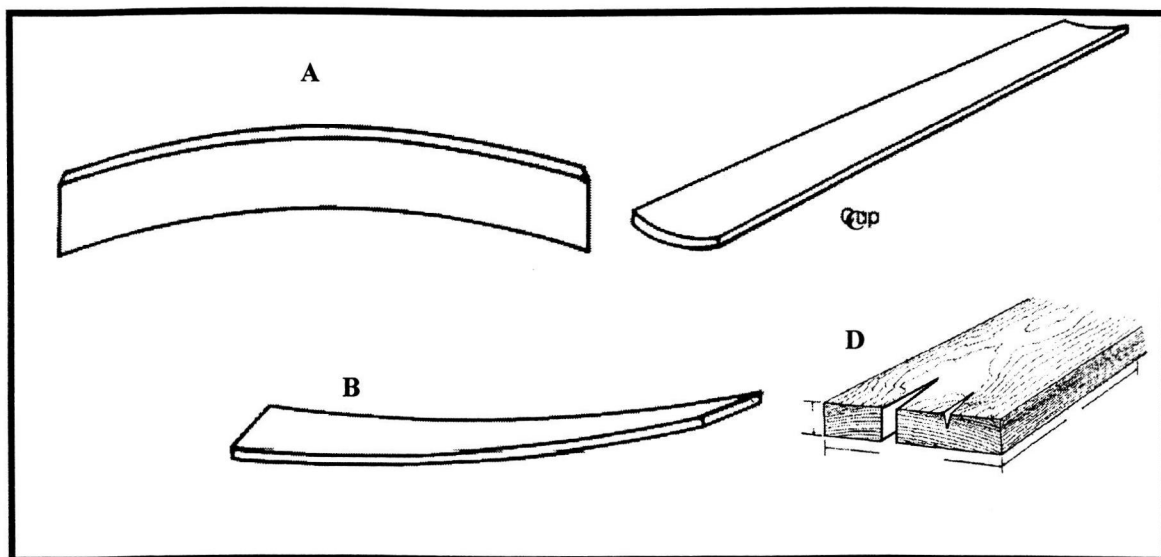


Figura 21. Defectos de secado a evaluar. A. Arqueadura; B. Torcedura; C. Acanaladura; D. Grietas y rajaduras

4.2.2 Preparación de las muestras de secado

Una vez que se llevó a cabo el apilado de las tablas para secarlas al aire libre y en el secador solar, se extrajeron 4 muestras de secado por pila, el proceso se describe a continuación:

Se eligieron 4 tablas representativas de cada pila, considerando las siguientes características: humedad inicial, proporción de albura y duramen, dirección de corte e hilo. Cabe mencionar que la cantidad de muestras depende de las condiciones y características de la madera, el comportamiento de la cámara y del uso final de la madera seca. Para este caso específico se utilizaron 4 muestras ya que la cámara de

secado es pequeña (3 mpt); dichas muestras se colocaron en las partes superior e inferior de las pilas (ver figura 22).



Figura 22. Muestras de secado colocadas en las pilas dentro del secador solar

De igual forma se consideró que las pilas construidas al aire libre 4 muestras ya que las pilas fueron pequeñas. Las muestras y probetas de secado se obtuvieron como se muestra en la figura 23.

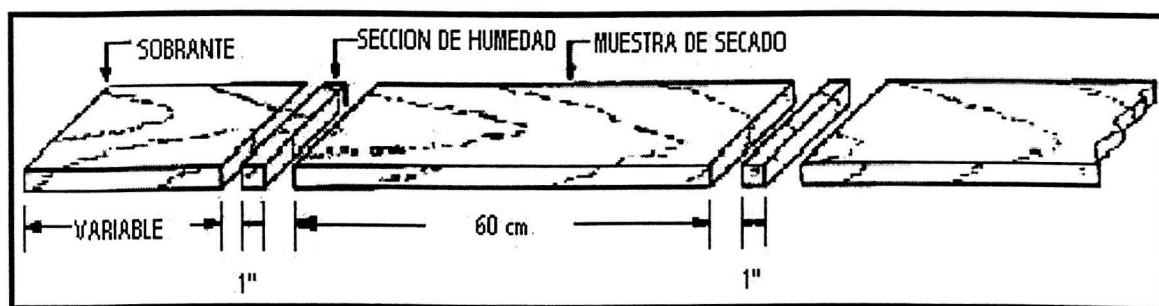


Figura 23. Obtención de las muestras de secado (Tomado de Dening, 2000)

Las secciones de humedad para determinar el CH fueron de 2.5 cm (1") de ancho, el espesor igual que el de la tabla y una longitud equivalente al ancho de la

misma. La muestra para CH o para control de secado fue de 60 cm de largo, se pesó inmediatamente y se colocó en las pilas de madera para cada uno de los sistemas de secado.

Las secciones de humedad (2.5 cm) de cada tabla se pesaron obteniendo el peso húmedo o peso inicial (P_i) y posteriormente se colocaron dentro de una estufa de laboratorio a $103\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta obtener peso constate, el cual correspondió al peso anhidro (P_o), finalmente con el P_o , se obtienen los CH iniciales de cada sección, que al promediarlos proporcionan en forma indirecta el CH inicial de la muestra, para esto se utilizó la siguiente expresión:

$$CH = \frac{P_i - P_f}{P_f} \times 100$$

donde:

CH: contenido de humedad

P_i : peso inicial

P_f : peso final

Con el promedio del CH de las dos secciones de humedad y el peso de la muestra al momento de cortarla, se calculó su peso seco (PSC), mediante la expresión siguiente:

$$PSC = \frac{P_i}{1 + \left(\frac{CH}{100}\right)} \times 100$$

Posteriormente, con el PSC y los subsecuentes pesos de la muestra obtenidos a distintos intervalos de tiempo (pesos corrientes = P_c) (ver figura 24), se llevó un registro para evaluar el CH durante el proceso de secado. Estas evaluaciones se realizaron

durante todo el periodo de secado. El CH actual (CHa) se determinó mediante la expresión:

$$CHa = \left(\frac{Pc - PSC}{PSC} \right) \times 100$$

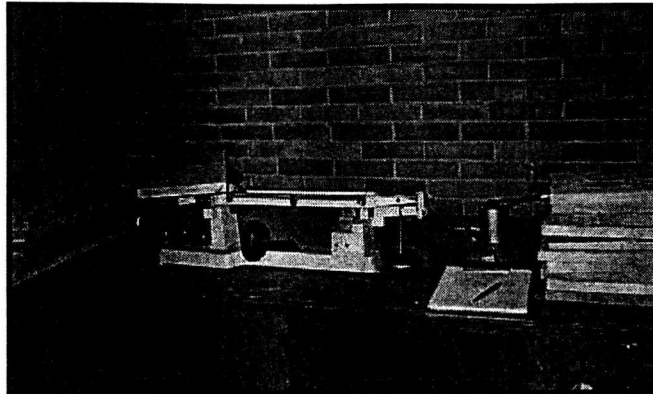


Figura 24. Balanza analítica (registro de los pesos de las muestras)

Además, las muestras de secado sirvieron para realizar las pruebas de humedad final y de endurecimiento superficial (probetas de esfuerzos). Para la determinación de la distribución de la humedad al interior de la pieza de madera (gradiente de humedad), se utilizó una sección de 2.5 cm (1") cortada del centro de la muestra de secado, la cual se dividió en 5 partes de los extremos y del interior de dicha probeta y a cada una se le determinó el CH final. Mediante las diferencias de CH en la superficie y el interior de la tabla se determinó el gradiente de humedad final (ver figura 25).

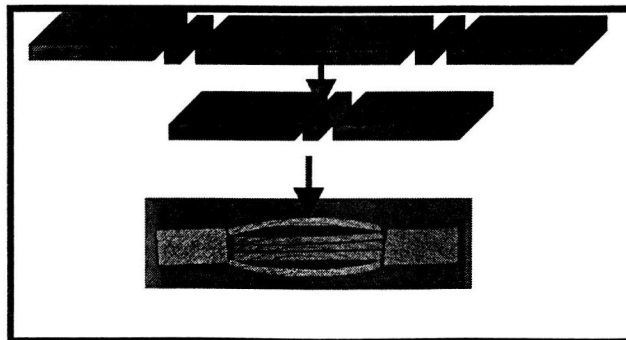


Figura 25. Obtención de las muestras para evaluación del gradiente de humedad

Con otra probeta de 2.5 cm (1") cortada de la misma muestra se determinó la presencia de los esfuerzos o tensiones de secado. A dicha probeta se le hizo un corte en el centro de la misma y se eliminó la parte central, esto permitió que los esfuerzos se manifestaran libremente ver figura 26.

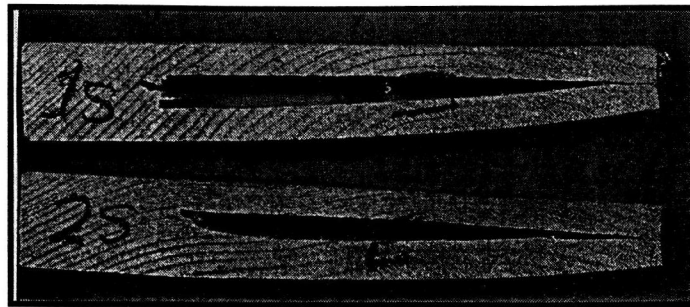


Figura 26. Probetas de esfuerzos de secado

4.2.3 Primer ensayo de secado

4.2.3.1 Secado al aire libre

Para este proceso se construyeron dos pilas de madera con orientación E – W, sobre bases de concreto las cuales proporcionan una inclinación a la pila de 2.5 cm (1") por cada 30 cm (1') de longitud. La pila 1 con dimensiones de 1.20 m de alto x 1.20 m de ancho x el largo de las tablas (8'), apilada con fajilla de 2.5 cm (1") de grueso x 3.75 cm (1 ½") de ancho x longitudes variables. El total de tablas apiladas fueron 96 con anchos variables los cuales van desde 4", 6", 8" y 10"; de igual forma se construyeron ventilas verticales de 15 cm aproximadamente entre tabla y tabla.

La pila 2 se construyó de 1.37 m de alto x 1.23 m de ancho x 2.54 m, el total de tablas apiladas fue de 108 con anchos variables. De igual manera se usaron fajillas de las dimensiones antes mencionadas, con ventilas verticales de 15 cm en promedio. A las dos

pilas se les colocó un techo con lámina metálica galvanizada, esto con el fin de protegerlas de los rayos directos del sol y de la lluvia. Cabe señalar que a cada pila de secado se le colocaron 4 muestras, dos en cada uno de sus lados a diferentes alturas. Ver figura 27.

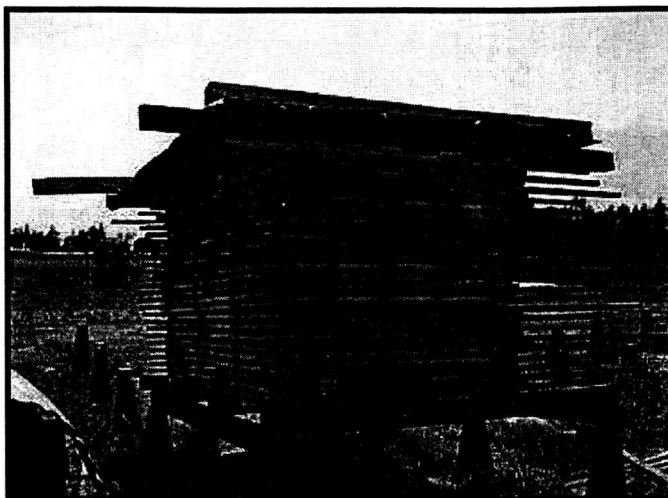


Figura 27. Pila de secado al aire libre

Con la finalidad de llevar un control de las condiciones climáticas prevalecientes en el ambiente durante el secado de la madera, se tomaron datos de temperatura, Humedad Relativa, velocidad del viento con el apoyo de un Anemómetro “Kestrel 3000” digital, el cual proporciona las lecturas de las variables mencionadas. Para tal operación se determinó la dirección de los vientos dominantes en el patio de secado y se establecieron horarios para la toma de datos (cada tres horas a partir de las 9:00 y hasta las 18:00).

4.2.3.2 Secador solar

Para el secado solar se utilizó la cámara que se describió anteriormente operada de la siguiente manera: La cámara se cargó con dos pilas de 1.20 m (4') de ancho con tablas de diferentes anchos que van desde 4, 6, 8, 10 y 12"; apiladas canto con canto, de

igual forma se utilizaron fajillas de 2.5 cm (1") x 3.75 cm (1 ½") x 1.20 m (4') (ver figura 28). Para esto se repartieron 4 fajillas por tendido dos en los extremos y dos en el centro, además se tuvo especial cuidado que las fajillas estuvieran perfectamente bien alineadas verticalmente. Se colocaron 4 muestras de secado por cada pila a diferentes alturas, dos cada lado.

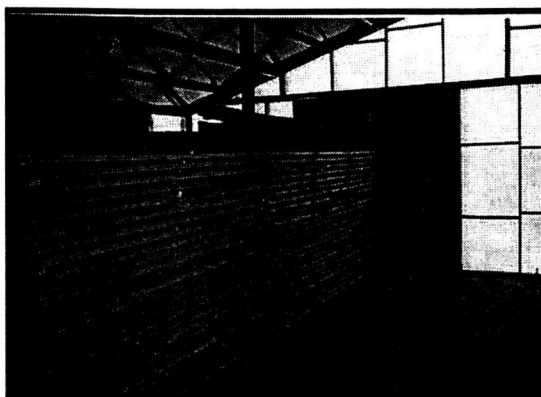


Figura 28. Carga del secador solar para inicio del proceso de secado

Día 1. Inicio del proceso de secado. Una vez cargada la cámara (figura 29), se cerraron puertas y ventilas y se encendieron los ventiladores, posteriormente se abrieron las ventilas N y S cada 2 horas durante 30 minutos. Este proceso duró hasta las 19:30, a esta hora se apagaron ventiladores y se abrieron puertas y ventilas, permaneciendo así toda la noche.

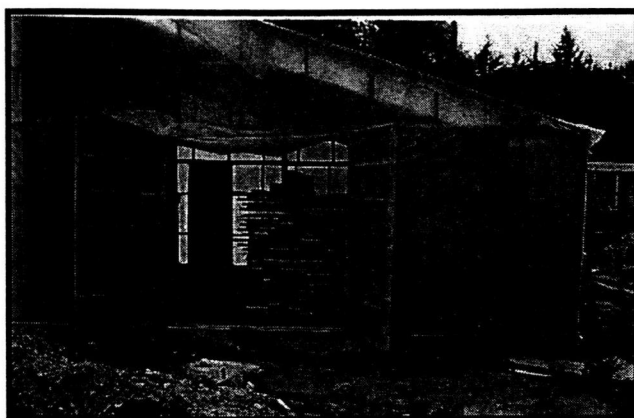


Figura 29. Pilas construidas dentro del secador solar.

Día 2. Se notó condensación en la parte superior del plástico. A la 8:30, se arrancaron ventiladores con puertas y ventilas abiertas, con el fin de eliminar el exceso de humedad. Después de media hora se cerraron puertas y ventilas. Este proceso se realizó cada dos horas hasta las 19:30 hrs y a esta hora se apagaron nuevamente los ventiladores y se abrieron puertas y ventilas durante toda la noche. Esta metodología se usó durante los días 3 y 4 siguiendo los mismos pasos y cabe señalar que todos los días se observó condensación.

Día 5. Nuevamente se observó condensación. De igual forma se operó durante el día iniciando a las 8:30 y culminando a las 19:30 hrs, pero a diferencia de los días anteriores, al término del día se abrieron puertas y ventilas y se dejaron funcionando ventiladores permanentemente (día y noche).

Día 6. No se observó condensación. Se siguió con la metodología del día 5, es decir, abriendo ventilas en los periodos mencionados y ventiladores funcionando día y noche. Se continuó este proceso durante los días 7, 8.

Día 9. Durante el día se realizó lo mismo iniciando a las 8:30 y terminando a las 19:30, pero en este caso solo se dejaron abiertas las ventilas Sur, es decir, puertas y ventilas Norte cerradas. Cabe señalar que la temperatura no se vio afectada por la apertura de las ventilas Sur, sin embargo la HR descendió de manera significativa. Así se continuó hasta el término del proceso de secado (días 10, 11, 12, 13, 14 y 15) o hasta alcanzar el CHf deseado. El cuadro 3 muestra el programa de apertura y cierre de ventilas.

Cuadro 3. Programa No.1 de operación del secador solar

Etapa	Hora	Actividad
I Día 1 al 4	8:30	Arrancar ventiladores
	9:00	Cerrar puertas y ventilas
	11:30	Abrir ventilas N y S
	12:00	Cerrar ventilas
	13:30	Abrir ventilas N y S
	14:00	Cerrar ventilas
	16:30	Abrir ventilas N y S
	17:00	Cerrar ventilas
	19:30	Apagar ventiladores y abrir puertas y ventilas (dejar así durante toda la noche)
II Día 5 al 8	8:30	Arrancar ventiladores
	9:00	Cerrar puertas y ventilas
	11:30	Abrir ventilas N y S
	12:00	Cerrar ventilas
	13:30	Abrir ventilas N y S
	14:00	Cerrar ventilas
	16:30	Abrir ventilas N y S
	17:00	Cerrar ventilas
III Día 9 al 15	8:30	Arrancar ventiladores
		Cerrar puertas y ventilas N, dejar abiertas ventilas S permanentemente hasta que la madera alcance el CH final deseado (10%).

4.2.4 Segundo ensayo de secado

4.2.4.1 Secado al aire libre

De igual forma se construyeron pilas de madera con las dimensiones de la primera repetición, así como también se establecieron las muestras de secado en cada pila de madera y se llevó a cabo el mismo procedimiento de toma de datos, tanto de las condiciones climáticas como de la variación del CH de las muestras durante el proceso de secado.

4.2.4.1 Secado solar

Para la segunda carga secada en el secador solar (ver figura 30), se cambió el programa de apertura y cierre de ventilas, así como el funcionamiento de los ventiladores. Estos cambios se resumen en el cuadro 4.

Cuadro 4. Programa No. 2 de operación del secador solar.

Etapa	Hora	Actividad
I Día 1 al 4	8:00 – 19:00	Ventilas “Norte” cerradas y <u>ventilas “Sur” abiertas todo el tiempo</u> , ventiladores funcionando.
	19:30	Apagar ventiladores y abrir puertas y ventilas (dejar así durante toda la noche)
II Día 5 al 8	8:30	Poner a funcionar los ventiladores
	9:00	Cerrar puertas y ventilas, ventiladores funcionando todo el día.
	10:00	Abrir ventilas N y S durante 15 minutos cada hora <u>Continuar con este procedimiento hasta las 19:30 h</u>
	19:30	Abrir puertas y ventilas y apagar ventiladores durante toda la noche Continuar hasta finalizar la etapa.
III Día 9 al 12	8:30	Poner a funcionar los ventiladores
	9:00	Cerrar puertas y ventilas, ventiladores funcionando todo el día.
	11:00	Abrir ventilas S durante 15 minutos cada 4 h <u>Continuar con este procedimiento hasta las 19:30 h</u>
	19:30	Abrir puertas y ventilas y apagar ventiladores durante toda la noche Continuar así hasta que la madera alcance un 12% de CH.

NOTA: Las muestras de secado se pesaron diariamente, con el fin de monitorear la disminución de humedad en la madera.



Figura 30. Secador Solar en operación

Finalmente se realizó la descarga de la cámara de secado de manera manual como se ilustra en la figura 31.

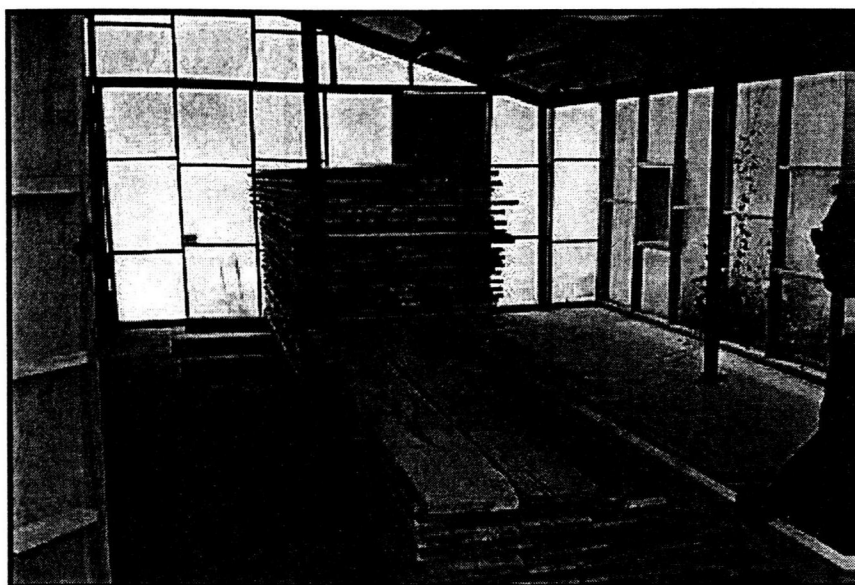


Figura 31. Descarga del secador (madera seca)

4.2.5 Tiempos de secado

Se establecieron pilas de madera para su secado tanto en el secador solar como al aire libre, en cada pila de madera se incluyeron sus respectivas muestras de secado. Dichas muestras fueron pesadas diariamente con el fin de registrar los contenidos de humedad diarios. Este procedimiento se llevó a cabo hasta alcanzar el contenido de humedad en equilibrio (CHE) en el secado al aire libre y al 12% de CH para el caso de secado solar.

Las pilas de madera se construyeron el mismo día en ambos sistemas, con el fin de comparar con mayor eficacia el secado en días. De igual forma se anotaron las condiciones climáticas prevalecientes, tanto en el interior del secador solar como en el exterior; se construyeron gráficas de temperatura, HR y velocidad del viento en las cuales se pudo observar las diferencias en ambos sitios; además se consideraron las condiciones de nubosidad del cielo.

4.2.6 Evaluación de la calidad de secado

Para la evaluación de la calidad del secado de la madera, se utilizó la Norma de Clasificación Chilena NCh. 178.Of.79. “Madera de *Pino insigne*. Clasificación por aspecto”, debido a que cumplió con los requisitos necesarios para determinar las condiciones de los defectos de secado. Esta Norma establece rangos de valores permisibles de valores para cada tipo de defecto además considera las dimensiones de la pieza, ya que la manifestación de un defecto no es el mismo en piezas de diferente tamaño. Debido que la evaluación de los defectos de secado se realizó en tablas de

anchos variables, en el cuadro 5 se especifican valores permisibles de deformación para cada dimensión; respecto al espesor se consideró constante de 2.54 cm (1”) y 2.50 m de longitud (8’).

Cuadro 5. Porcentajes de valores permisibles de los defectos evaluados, adaptado de la norma chilena NCh. 178.Of.79

Defecto	Característica a medir respecto al:	Valor permisible en su dimensión total			
		G1	G2	G3	G4
Rajaduras	Largo (cm)	7.5	12.5	20	> 20
Grietas	Largo (cm)	25	50	75	> 75
Arqueadura	Largo (mm)	0	25	37.5	> 37.5
Torcedura	Largo (mm)	0	25	37.5	> 37.5
Acanaladura					
10.16	Ancho (mm)	0	2	4	> 4
15.24	Ancho (mm)	0	3	6	> 6
20.32	Ancho (mm)	0	4	8	> 8
25.40	Ancho (mm)	0	5	10	> 10
30.48	Ancho (mm)	0	6	12	> 12

La evaluación de la calidad de secado en cada una de las tablas se llevó a cabo con base en la intensidad de los defectos causados por tal proceso, por lo cual a cada pieza de madera se le ubicó en un grado de calidad correspondiente a sus características observadas, además se le aplicó un factor de desclasificación (FD) según lo indicado por Kauman y Mittak (1996), (cuadro 8) y Bravo (1977), y utilizado por Fuentes (1993) y Fuentes (1996), el cual considera las rajaduras de mayor longitud permisible considerando el largo de las piezas y en las grietas, la suma de éstas. Con relación a las deformaciones, por ejemplo, para la acanaladura, se considera un porcentaje máximo de la deformación, con respecto al ancho de la tabla, y con respecto a la arqueadura y torcedura, se considera el porcentaje de deformación con respecto a la longitud de cada tabla.

La clasificación se realizó de la siguiente manera: se otorgó el grado 1 (G1) a las piezas que estaban libres de defectos o que las diferencias entre su medición inicial y la medición final fuera igual a cero. Así sucesivamente, mientras aumentaba la intensidad y número de defectos, el grado de calidad decrecería hasta llegar la grado 4 (G4), el cual correspondió a las tablas que presentaran defectos intensos, de acuerdo al grado de clasificación del cuadro 6.

Cuadro 6. Grados de calidad por factor de desclasificación. Tomado de Kauman y Mittak (1996).

Grado	Factor de descalcificación	Intensidad del defecto
1	0.0	Ausente
2	0.50	Ligero
3	2.00	De regula a fuerte
4	2.50	Intenso

Posteriormente se obtuvo la media ponderada del factor de desclasificación por tipo de defecto, es decir, rajaduras, grietas y deformaciones, con esto se obtuvo finalmente el grado de desclasificación o también conocido como Índice de Calidad de Secado, como se puede ver en el cuadro 7.

Cuadro 7. Clasificación de la calidad de secado, según Kauman y Mittak (1996).

Índice de calidad de secado	Media ponderada de descalcificación	Condiciones de secado
Excelente	0.0	adecuadas
Muy buena	0.01 a 0.50	
Buena	0.51 a 1.00	
Satisfactoria	1.01 a 1.50	poco adecuadas
Regular	1.51 a 2.00	
Defectuosa	2.01 a 3.00	inadecuadas
Mala	3.01 a 5.00	
Muy mala	> 5.00	

La calidad de secado se determinó en 100 tablas para cada uno de los procesos de secado, colocándose 50 tablas en cada repetición (pila). Dicha evaluación se realizó en la primera corrida de secado solamente por cuestiones de falta de disponibilidad de madera de buena calidad en la segunda corrida.

5. RESULTADOS

Se presenta en primer término el diagrama del proceso constructivo, a manera de “ruta crítica”, así como los costos reales ejercidos en dicha construcción. Posteriormente se presentan por separado los conceptos de tiempos y calidad de secado, como aspectos contemplados dentro de la “validación” del secador solar, tomando como comparación los mismos aspectos en el secado al aire libre.

5.1 Proceso constructivo

El proceso de construcción del secador solar se dividió por secciones, partiendo de la cimentación y terminando en la colocación de las puertas el cual fue el paso final de la construcción. Con el fin de entender mejor el proceso se describe a continuación en los cuadros 8, 9, 10, 11, 12, 13 y 14 además del anexo un diagrama de ruta crítica.

Cuadro 8. Precedencia y duración de actividades para la cimentación del secador solar.

Actividad	Actividad precedente	Duración (h)
1. Limpieza del terreno		0.5
2. Trazo del cuadro	1	1.5
3. Excavación de la zanja para cimentación	2	3
4. Corte de la varilla y armado de la cadena y parrilla para el piso	2	3
5. Colocación de la cadena y parrilla para el piso, colocación de anclajes	3 y 4	4
6. Construcción de la cimbra para la cadena	5	4
7. Hacer revoltura (concreto)	6	6
8. Colar cadena y piso	7	6
Total		28

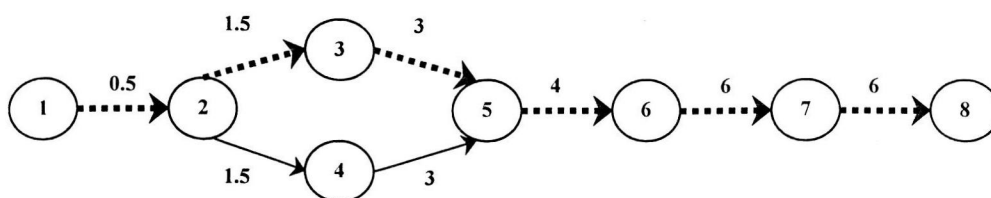


Figura 32. Diagrama de ruta crítica para la construcción de la cimentación.

En la cimentación solo se pudo realizar de manera conjunta el corte y armado de la cadena además de la excavación de la zanja para la base ya que para las actividades subsecuentes fue necesario realizarlas una seguida de otra. La ruta crítica indicada en la figura 32, muestra que el tiempo mínimo para la construcción de la cimentación fue de 21 horas efectivas.

Cuadro 9. Precedencia y duración de actividades para la construcción del colector solar

Actividad	Actividad precedente	Duración (h)
1. Inspeccionar y delimitar anclajes		1
2. Cortar y soldar (bases) de PTR para postes	1	3
3. Cortar y soldar largueros y travesaños (bastidor inferior)	1	4
4. Colocar lámina negra con tornibroca	2 y 3	2
5. Cortar y soldar largueros y travesaños (bastidor superior)	4	4
6. Armar soporte de ventiladores y travesaños para triplay	2	2
7. Pintar la estructura metálica	5 y 6	8
Total		24

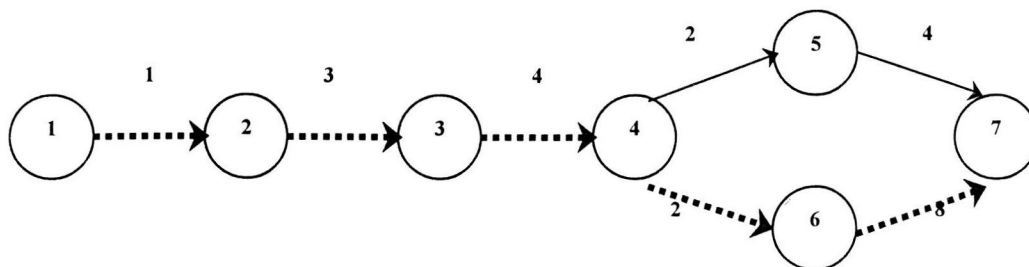


Figura 33. Diagrama de ruta crítica para la construcción del colector solar.

Para el caso del colector solar, (cuadro 9) se pudo trabajar en conjunto la colocación del segundo bastidor de metal y la elaboración del soporte de ventiladores, ya que para esto fue necesario que los postes estuviesen perfectamente bien colocados además de la construcción del bastidor inferior como se mostró en la figura 33. Para este paso de la construcción del secador solar se necesitaron 18 horas igualmente trabajando turnos de 8 horas, cabe señalar que la actividad final (pintura de la estructura), puede realizarse con una mayor rapidez si se cuenta con una pistola neumática.

Cuadro 10. Precedencia y duración de actividades para la instalación eléctrica del secador solar

Actividad	Actividad precedente	Duración (h)
1. Inspeccionar para toma de corriente trifásica		1
2. Tendido del cable a 4 hilos	1	2
3. Colocar tubo conduit; bajada y extensiones para ventiladores	1	1
4. Colocar interruptor y arrancadores	1	1
5. Conectar arrancador y ventiladores	3 y 4	1
6. Conectar a corriente trifásica	5	1
Total		7

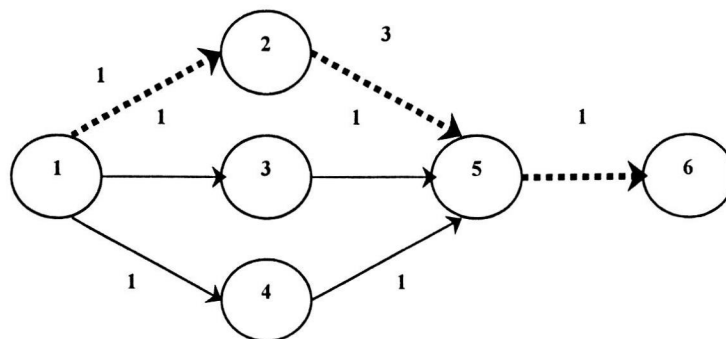


Figura 34. Diagrama de ruta crítica para la instalación eléctrica.

Para la instalación eléctrica, (cuadro 10) se pueden conjuntar las actividades indicadas en la figura 34 ya que la colocación de cada uno de los elementos de la

instalación no dependen de alguna otra actividad prioritaria a excepción de la estructura metálica. Esto implica que el trabajo de instalación eléctrica se realice en un menor tiempo. Para este paso se necesitaron 5 horas de trabajo efectivo.

Cuadro 11. Precedencia y duración de actividades para la cubierta de la pared de ventiladores

Actividad	Actividad precedente	Duración (h)
1. Medir separación de tubulares del bastidor		0.5
2. Cortar de acuerdo a la dimensión	1	1.5
3. Colocar triplay con tornibroca	2	6
Total		8

Cuadro 12. Precedencia y duración de actividades para la construcción de la estructura de madera

Actividad	Actividad precedente	Duración (h)
1. Habitación de la madera ancho y largo		8
2. Trazar y armar bastidores	1	2
3. Perforar soleras de desplante	1	18
4. Colocar soleras de desplante	3	1
5. Colocar bastidores (pared Sur)	4	1
6. Colocar bastidores (pared Norte inferior)	4	1
7. Colocar bastidores (pared Oeste inferior)	4	1
8. Colocar bastidores (pared Este inferior)	4	1
9. Colocar soleras de cerramiento en tendido inferior	5, 6, 7, 8	1
10. Colocar chaflán , base para bastidores Norte superiores	9	1
11. Colocar bastidores (pared Norte superior)	9 Y 10	1
12. Colocar bastidores (pared Oeste superior)	9	1
13. Colocar bastidores (pared Este superior)	9	2
14. Colocar solera de cerramiento tendido superior	11, 12 y 13	1
Total		40

En el caso de la estructura de madera, se pudo agrupar más actividades ya que este proceso se presta para hacerlo, además los bastidores se pueden construir aún cuando no se tiene la estructura metálica, esto realmente implica un ahorro de tiempo

significativo para la construcción rápida del secador solar trabajando de esta manera. Las actividades que se muestran de manera conjunta, solo se pueden realizar si se cuenta con el personal suficiente y trabajando turnos de 8 horas (figura 35). Aunque este paso fue el que necesitó mayor tiempo para su elaboración (34 horas), es uno de los que se pueden comenzar desde el principio de la construcción.

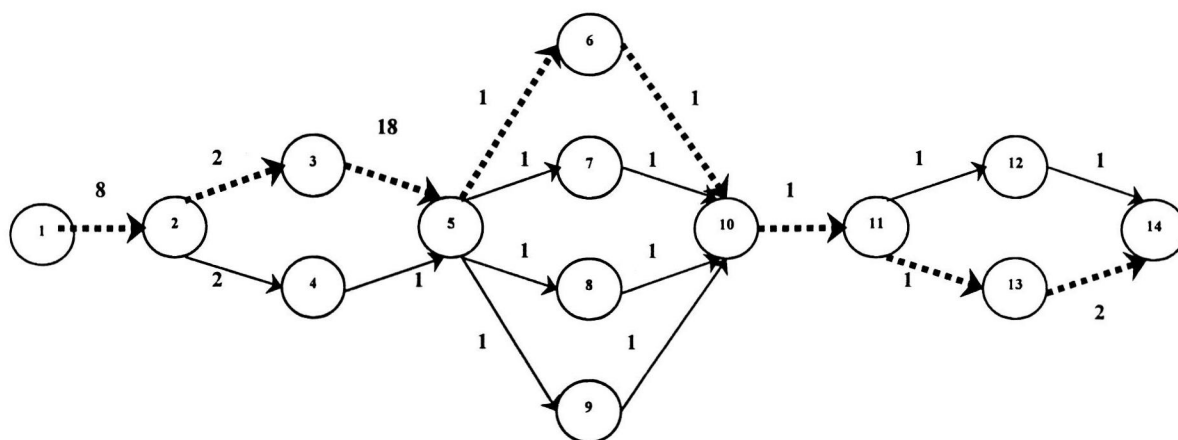


Figura 35. Diagrama de ruta crítica para la construcción de la estructura de madera.

Cuadro 13. Precedencia y duración de actividades para el recubrimiento del secador solar

Actividad	Actividad precedente	Duración (h)
1. Medir y cortar la malla de gallinero		1
2. Colocar primer tendido (S, Superior y N)	1	2
3. Unir malla con alambre galvanizado	2	1
4. Colocar malla en pared Este	3	2
5. Colocar malla en pared Oeste	3	2
6. Cortar plástico para invernadero		0.5
7. Colocar perfiles o rieles para anclar el plástico	2, 4 y 5	4
8. Colocar plástico (S, Superior y N)	7	2
9. Fijar con alambre Zig-zag	8	1
10. Colocar plástico en pared Este	7 y 8	2
11. Colocar plástico en pared Oeste	7 y 8	2
12. Fijar el plástico en ambas paredes	10 y 11	3
13. Detallar puertas y ventilas	11 y 12	3
Total		25.5

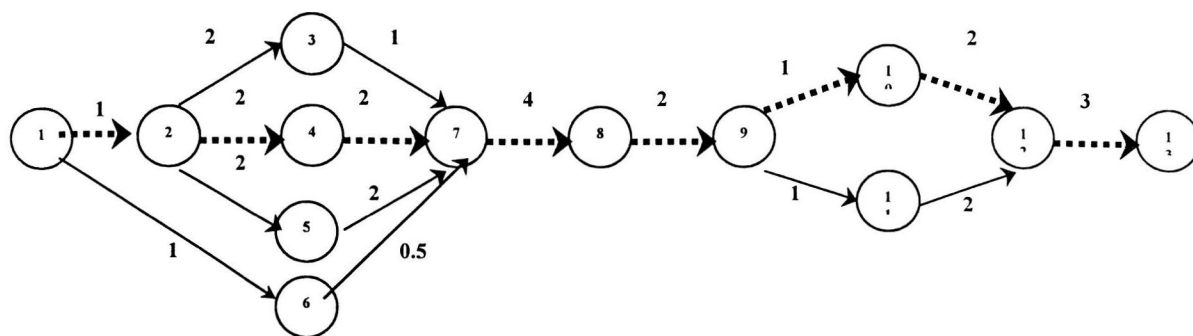


Figura 36. Diagrama de ruta crítica para el recubrimiento del secador solar.

Una vez terminada la estructura de madera el siguiente paso fue el recubrimiento del secador solar en el cual, también se pudo realizar de forma paralela algunas actividades observadas en la figura 36. El tiempo requerido para este paso fue de 17 horas.

Cuadro 14. Precedencia y duración de actividades para la construcción de puertas y ventilas

Actividad	Actividad precedente	Duración (h)
1. Habilitar madera para puertas y ventilas		6
2. Armar bastidores de puertas	1	4
3. Armar bastidores de ventilas	1	4
4. Forrar puertas con triplay	2	2
5. Forrar ventilas con triplay	3	2
6. Colocar ventilas	5	3
7. Colocar puertas	4	3
8. Colocar pasadores y jaladeras en puertas y ventilas	6 y 7	1
Total		25

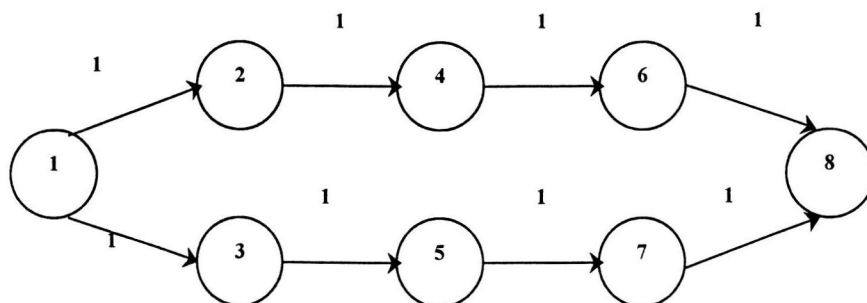


Figura 37. Diagrama de ruta crítica para la construcción de puertas y ventilas.

Contando con el personal suficiente se pueden trabajar de manera paralela la construcción de las puertas y las ventilas como se muestra en la figura 37. De igual forma se puede realizar la colocación de las mismas. Para el paso final se necesitaron 15 horas desde la construcción hasta la colocación.

Cuadro 15. Precedencia y duración de actividades para la construcción del secador solar para madera aserrada

Actividad	Actividad precedente	Duración (h)
A. Cimentación		21
B. Colector solar	A	18
C. Colocación de ventiladores	B	3
D. Instalación eléctrica	B	5
E. Cubierta de pared de ventiladores	B y C	8
F ₁ . Construcción de estructura de madera	E, D	17
F ₂ . Colocación de los bastidores	F ₁	17
G. Recubrimiento	F ₂	17
H. Construcción y colocación de puertas y ventilas	G	15
Total		121

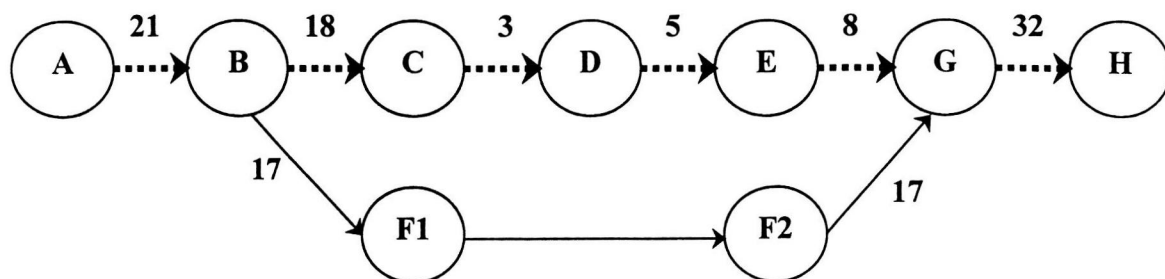


Figura 38. Diagrama de ruta crítica para la construcción del secador solar.

Finalmente la construcción del secador solar resultó durar según la ruta crítica mostrada en la figura 38 (cuadro 15), 87 horas o aproximadamente 11 días. La construcción y colocación de los bastidores de madera fueron las únicas actividades que se pudieron hacer paralelamente a la construcción del colector solar, la colocación de los ventiladores, la instalación eléctrica y el forro de la pared para ventiladores. Con esto se logró ahorrar hasta 34 horas de trabajo.

5.2 Costos reales de construcción

Cuadro 16. Costos reales de construcción del secador solar para madera aserrada

Cantidad	Unidad	Artículo	Costo unitario + IVA	Importe (\$)
Cimentación y Anclaje				
0.5	Viaje	Arena	455.00	455.00
0.5	Viaje	Grava	455.00	455.00
30	Bulto	Cemento	73.00	2,190.00
24	Pza	Varilla 3/8"	28.00	672.00
23	Kg	Alambrón (anillos de 15 x 20 cm)	6.00	138.00
22	Kg	Alambre requemado	6.00	132.00
5	Kg	Clavos de 2 1/2"	8.00	40.00
32	Pza	Tuercas 1/2"	1.27	40.64
5	Pza	Varilla roscada de 1/2"	25.30	126.5
5	Pza	Varilla roscada de 6/8"	20.13	100.65
1	Pza	Ángulo de 3/4"	46.00	46.00
140	Pt	Tablas de pino de 4ª para cimbra	5.18	725.20
70	Pza	Tiras de madera para cimbra	1.73	121.10
Subtotal				5,242.09
Estructura metálica (colector)				
1	Pza	Brocha 5"	30.50	30.50
8	Lts	Esmalte 117 negro mate	43.98	351.84
1	Pza	Charola de plástico	14.50	14.50
1	Pza	Rodillo para esmalte	16.50	16.50
1	Pza	Pinta roll # 9	14.49	14.49
4	Kg	Soldadura	5.46	21.84
3	Pza	Segueta	3.56	10.68
10	Pza	Lámina galvanizada 4 x 8' Cal. 24	189.75	1,897.50
13	Pza	PTR 3 x 1 1/2" cal. 14	121.90	1,584.70
17	Pza	Perfil tubular 3 x 1 1/2" Cal. 18 (rojo)	113.85	1,935.45
200	Pza	Pija autorroscable 3/4"	0.51	102.00
2	Pza	Perfil R-100 1 x 1 1/2"	43.70	87.40
4	Pza	Angulo de 1 1/2"	63.25	253.00
Subtotal				6,320.40

Continuación.....

Material eléctrico para funcionamiento de ventiladores				
Cant.	Unidad	Artículo	Costo unitario + IVA	Importe (\$)
2	Rollo	Cable THW No. 10 condumex	379.50	759.00
2	Pza.	Bastidores B4	109.25	218.50
8	Pza	Aisladores de rollo (para bastidores B4)	14.95	119.60
2	Pza	Cinta de aislar sacotch de 3 m	8.05	16.10
1	Pza	Interruptor de navajas 3 x 30 Amp.	112.70	112.70
3	Pza	Cartucho fusible 30 Amp.	6.90	20.70
4	Juego	Elementos térmicos para arrancador BG-2, N0 B-30	104.65	418.60
2	Pza	Estación de botones, servicio estándar tipo B, clase 9001	339.25	678.50
1	Tramo	Tubo conduit pared gruesa 1 ½"	88.55	88.55
6	Tramo	Tobo conduit pared gruesa ½"	29.90	179.40
4	Pza	Caja condulet tipo LB serie ovalada ½"	17.25	69.00
1	Pza	Caja tipo OT serie ovalada ½"	17.25	17.25
1	Rollo	Cable THW No. 12 condumex	230.00	230.00
20	Pza	Abrazadera OMEGA ½"	0.58	11.60
100	Pza	Pijas 5/32" x 1"	0.35	35.00
2	Pza	Arrancador a tensión plena en caja moldeada tipo BG-2, clase 8536	1,631.85	3,263.70
2	Pza	Extractor de aire (axial) marca Soler de Palau mod. HIT-800/26 con motor trifásico de ½ CP, 220/440 Volts.	3,668.00	11,004.00
Subtotal				17,242.20
Estructura de madera				
373	pt	Madera aserrada de pino ¾" x 8" x 8 ¼'	11.50	4,289.50
10	Pza	Triplay de pino 6 mm x 1.22 x 2.44 m	149.50	1,495.00
Subtotal				5,784.50
Material para recubrimiento				
2	Rollo	Malla para gallinero 1 ½"(abertura) x 1.50 m x 45 m	732.55	1,465.00
11.5	m	Plástico para invernadero PF 600-602	37.95	436.43
17	Pza	Perfil poligrap 1 1/8"	58.65	997.05
150	Pza	Pijas 1/8 x 1"	0.29	43.50
1	Kg	Alambre galvanizado (mediano)	26.45	26.45
0.5	Kg	Grapa azul	57.50	28.75
4	Kg	Resorte (ZIG-ZAG)	224.38	897.52
Subtotal				3,894.70

Continuación.....

Accesorios y conectores				
Cantidad	Unidad	Artículo	Costo unitario + IVA	Importe (\$)
6	m	Piola	3.45	20.70
1	Pza	Clavija 3 x 20	51.75	45.00
1	Pza	Contacto 3 x 20	49.45	43.00
6	Pza	Jaladeras	10.35	62.10
2	Pza	Candados	11.50	23.00
3	Pza	Pasadores	11.50	34.50
20	Pza	Bisagras 3"	6.72	134.40
2	Kg	Clavo de 2"	9.77	19.54
1	Kg	Clavo de ½"	747	6.50
5	Lt	Thiner	5.75	28.75
4	Lt	Sellador 48%	40.25	161.00
Subtotal				578.49

Resumen de costos	
C o n c e p t o	Costo
Cimentación y anclaje	5,242.09
Estructura metálica (Colector Solar)	6,320.40
Material eléctrico y Ventiladores	17,242.20
Madera (cimbra, estructura y recubrimiento)	5,784.50
Recubrimiento	3,894.70
Accesorios	578.49
Costo total del secador	39,062.38

Nota: El costo del secador no incluye mano de obra

5.3 Tiempos de secado

Durante el periodo en que se realizó la primera carga de secado al aire, las condiciones fueron altamente favorables, es decir, las oscilaciones de temperatura y flujo de aire fueron muy buenas, ya que al ambiente se alcanzaron hasta los 31.9 °C (figura 39) y velocidades del viento de 1.5 m/s (figura 40), con humedades relativas desde 8 hasta 27% (figura 41). Esto permitió que las muestras de secado alcanzaran un 10.45% de CH final promedio (CHf) tan solo en 14 días, partiendo de un 135.59% de CH inicial (CHi). Lo cual corresponde al modelo de regresión (figura 42) ya que se obtienen exactamente los 14 días necesarios para secar la madera a ese CHf.

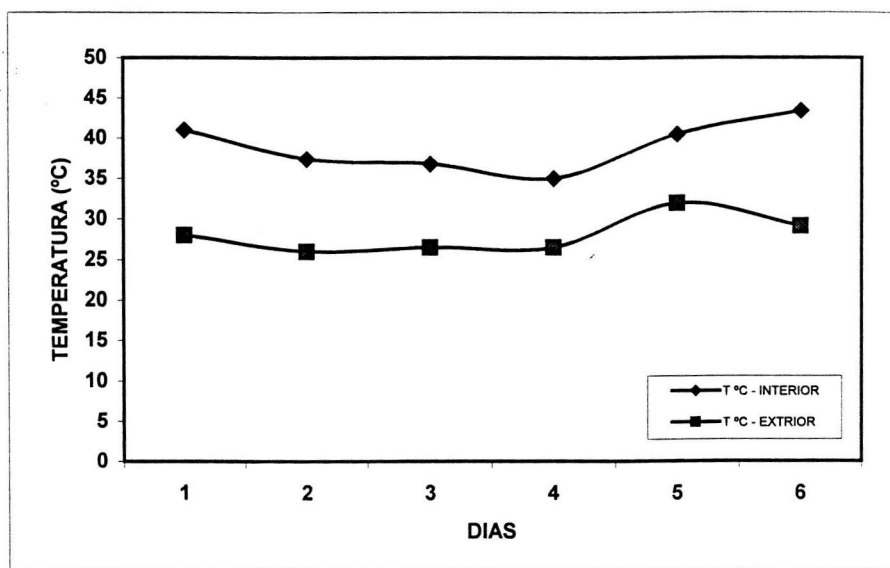


Figura 39. Gráfico de Temperatura registrada en el exterior y en el interior del secador solar para la corrida I.

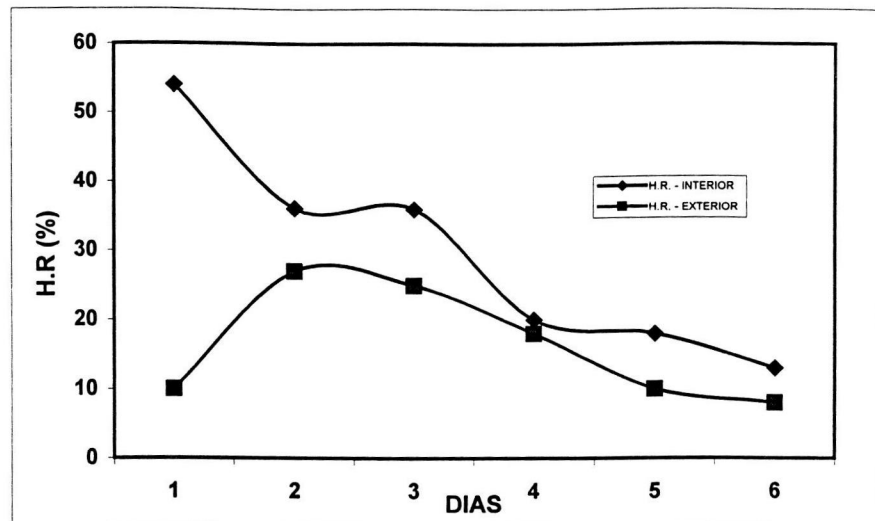


Figura 40. Gráfico de Humedad Relativa registrada en el exterior y en el interior del secador solar para la corrida I.

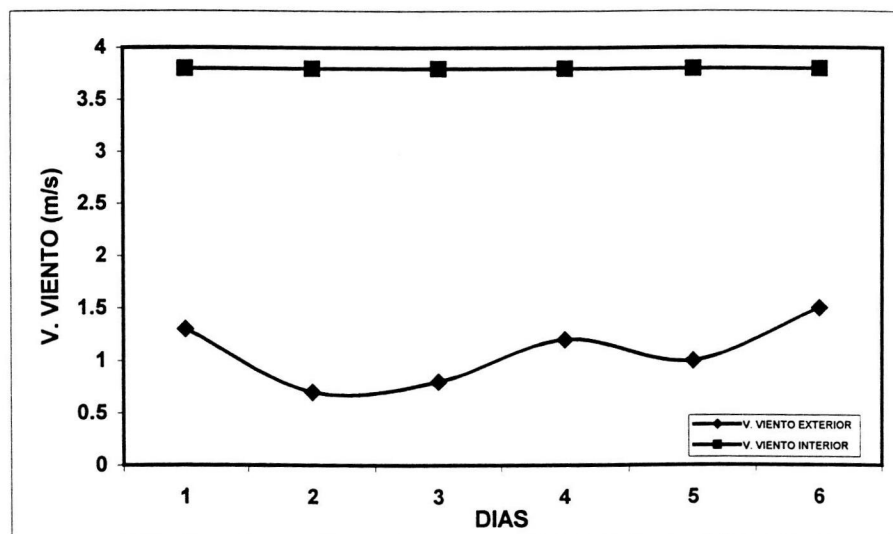


Figura 41. Gráfico de velocidad del viento registrada en el exterior y en el interior del secador solar para la corrida I.

En el secador solar se tuvieron buenas condiciones de temperatura, pero la HR no se desalojó debidamente dado el programa de apertura de ventilas y esto provocó exceso de humedad dentro de la cámara (54%) lo cual redujo considerablemente el proceso. La

madera que entró en la primera carga presentó un CHi de 114.49% y tardó 14 días en llegar a un 7.85% de CHF; pero si consideramos el mismo CHF que el obtenido en el secado al aire libre (10.45%), en el secador solar solo fueron necesarios 12.5 días para obtenerlo. Debido a un problema en la Universidad los datos de contenido de humedad en los primeros 5 días no se midieron por lo que el grafico mostrado en la figura 42 muestra una sección intermitente.

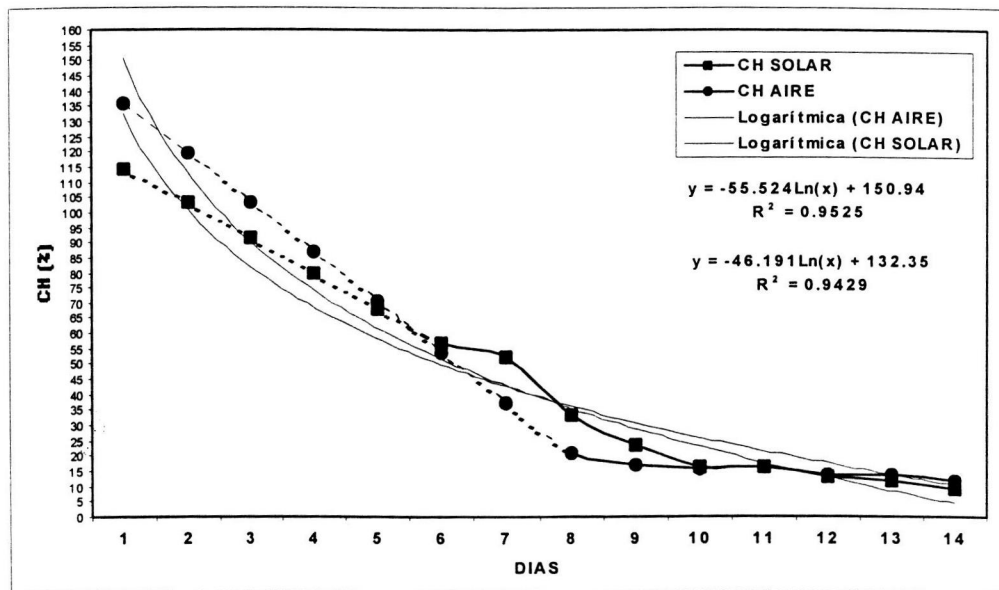


Figura 42. Curvas de secado al aire libre y en secador solar para madera de pino de 1", 1ª corrida.

Nótese que la duración del proceso de secado de ambos sistemas fue similar, la zona punteada no fue evaluada (no fue posible tomar datos de CH). En un principio del proceso de secado, el exceso de humedad dentro del secador no permitió que éste se desarrollara de manera continua, debido a que existió condensación durante la noche y en consecuencia debido a esto por la mañana se registraron datos de HR hasta de 54%. Además, la apertura de las ventilas no se realizó de acuerdo a las necesidades del

secador, es decir, la acumulación de humedad fue excesiva mientras que la apertura de ventilas no fue lo suficientemente periódica a pesar de que las temperaturas dentro del secador fueron hasta de 43.4 °C. Otro factor que influyó en el retardo del secado solar fue que los ventiladores se mantuvieron apagados durante la noche, contribuyendo con esto a la condensación.

En contraste las condiciones climáticas en el ambiente fueron muy favorables para el secado al aire libre. En ésta época del año, (16 a 31 mayo), se alcanzó una temperatura máxima de 31.9 y HR de 8% (figura 39), lo que ocasionó un secado rápido también al aire libre, con escasa diferencia en el secado solar bajo el programa de apertura de ventilas ya indicado.

Para las segundas corridas de secado, las cuales duraron del 31 de mayo al 7 de junio (secado solar) y del 31 de mayo al 17 de junio (al aire), las condiciones ambientales cambiaron ya que el periodo de lluvias dio comienzo, la temperatura máxima registrada llegó a 27 °C (figura 43) pero con humedades relativas altas hasta de 44% (figura 44) y las velocidades del viento fueron muy variables (figura 45), lo cual implicó que el secado al aire libre se prolongara hasta los 18 días, que aún es poco. Para este caso se inició con un CHi de 118.68% y se dio por terminado a un 11.74% de CHf.

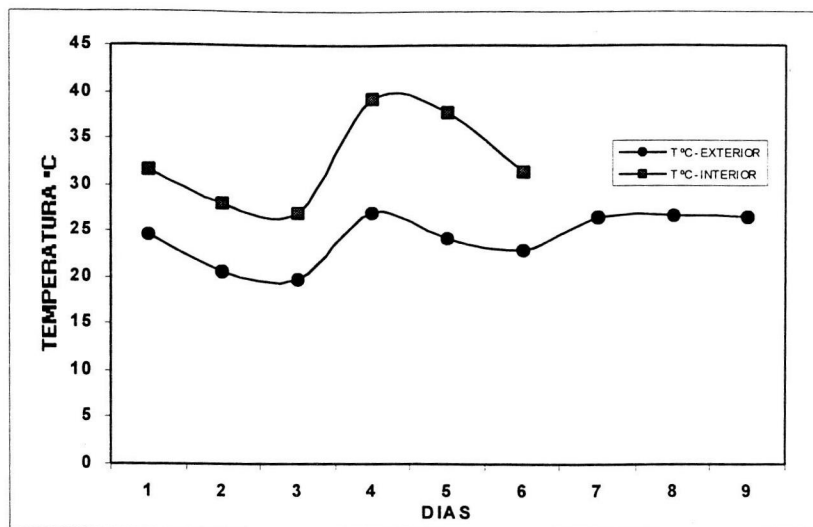


Figura 43. Gráfico de Temperatura registrada en el exterior y en el interior del secador solar para la corrida II.

En el caso del secado solar se llevó a cabo con otro programa de operación descrito en la metodología, el cual fue más apropiado ya que el tiempo se redujo a 8 días, el proceso se inició a un CHI de 125.27% y se dio por terminado a un 10.82% de CHF promedio.

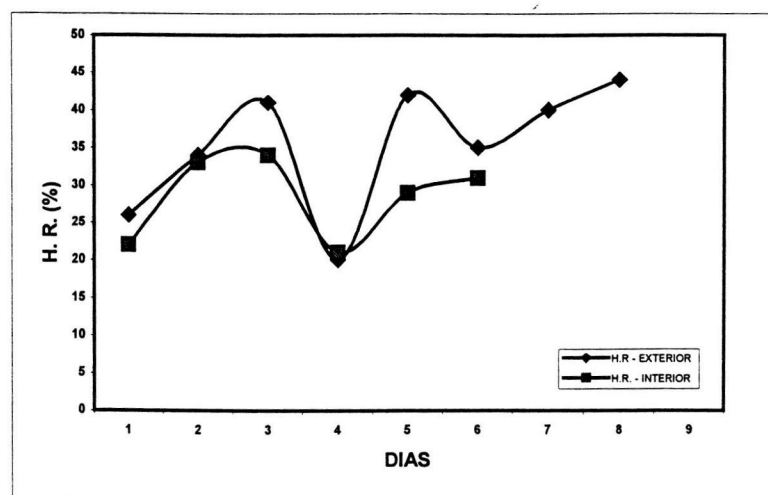


Figura 44. Gráfico de HR registrada en el exterior y en el interior del secador solar para la corrida II.

Para este caso aunque las temperaturas (max. 39.2 °C) fueron ligeramente más bajas, comparadas con la primera carga pero se tuvo mayor control de la HR (max. 34%) (figura 43 y 44), además se estableció un programa de apertura de ventilas muy favorable que aceleró el proceso de secado. La diferencia de tiempos de secado en ambos sistemas se puede observar en la figura 46.

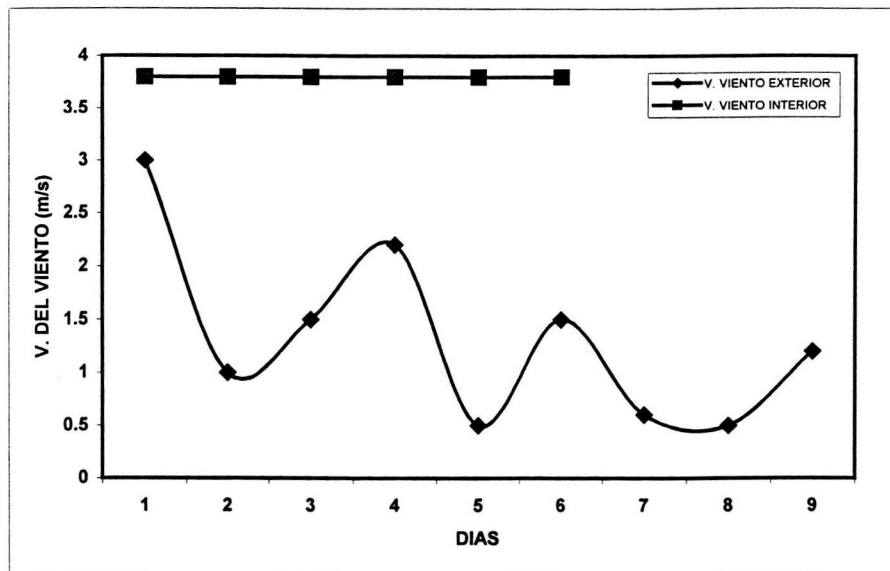


Figura 45. Gráfico de velocidad del viento registrada en el exterior y en el interior del secador solar para la corrida II.

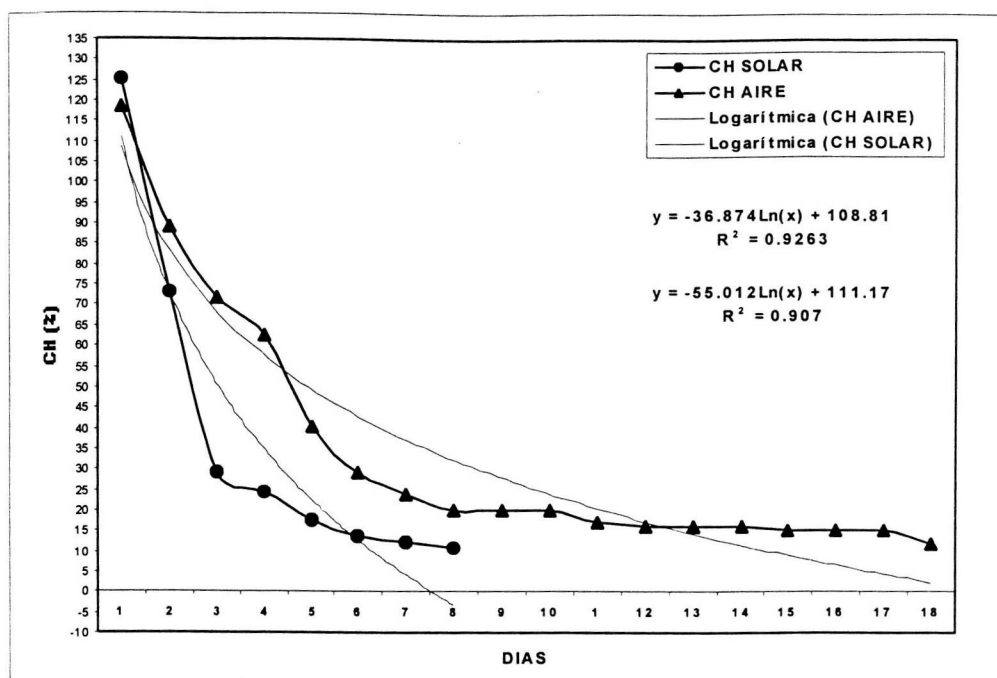


Figura 46. Curvas de secado al aire libre y en secador solar para madera de pino de 1", 2ª corrida.

Como se puede observar, el tiempo de secado en el secador solar fue el 42% del tiempo que tardó la madera en secarse al aire libre, además, el proceso de secado en el secador solar se dio por terminado a un CHf promedio de 10.82% en 8 días, mientras que la madera apilada al aire libre tardó 18 días en secarse pero a un CHf promedio mayor que el obtenido en el secador solar (11.74%). Si comparamos a un mismo contenido de humedad como en el caso anterior tenemos que, tomando el CHf del secado al aire libre (11.74%); para el primer caso (secado al aire), según el modelo este CHf se alcanzó en 14 días, mientras que en el secador solar solo fueron necesarios 6 días para alcanzar ese Chf, lo cual quiere decir que el tiempo de secado en el secador solar es menor hasta en un 42% respecto al tiempo obtenido en el secado al aire libre.

Debido a que los datos no fueron suficientes para comparar los tiempos de secado en ambos sistemas, solo se reportará la media y la desviación estándar de los tiempos obtenidos en el cuadro 17.

Cuadro 17. Estadísticas de tiempos de secado para ambos sistemas.

Estadísticas	Secado al aire (días)	Secado solar (días)	Secado al aire (días) (modelo)	Secado solar (días) (modelo)
1ª corrida	14	14	13.99	12.55
2ª corrida	18	8	6.24	1.90
Media	16	11		
Desv. Estándar	2.828	4.242		

5.4 Calidad de secado.

De acuerdo a la metodología indicada, al final del proceso de secado, se evaluó la dimensión y cantidad de los defectos como: grietas, rajaduras y deformaciones como, acanaladura, arqueadura y torcedura.

Las tablas se ubicaron en 4 grados de calidad, los cuales se clasifican de acuerdo al número y dimensión de los defectos (G1, G2, G3 y G4), siendo el G1 el de mayor calidad y el G4 el de menor. En el cuadro 18 se muestra el número de piezas ubicadas en cada grado de calidad, de acuerdo a la norma Chilena NCh.178.Of.79 (1979), adaptada a las dimensiones de las tablas empleadas.

Cuadro 18. Número de tablas por tipo de defecto ubicadas en cada uno de los grados de calidad, según la Norma Chilena NCh. 178. Of.79.

Grado	Grietas	Rajaduras	Acanaladura	Arqueadura	Torcedura
Secado al aire libre					
G1	42	64	25	50	30
G2	22	14	72	50	70
G3	11	11	3	0	0
G4	25	11	0	0	0
Secado solar					
G1	80	76	40	60	41
G2	14	11	52	40	59
G3	3	8	7	0	0
G4	3	5	1	0	0

En el cuadro 19 y 20 se presenta la aplicación de los factores de desclasificación (FD) a la tablas de acuerdo a su correspondiente grado de calidad, tanto para secado al aire libre como para secado solar.

Cuadro 19. Índice de Calidad de Secado para madera apilada al aire libre.

Factor de desclasificación	Separación de fibras (SF)				Índice de grietas		
	Grietas		Rajaduras				
FD	No.	No. *FD	No.	No. *FD	Σ		
Sin defecto 0.00	42	0.00	64	0.00	0.00		
Defecto ligero 0.50	22	11.00	14	7.00	18.00		
Defecto regular 2.00	11	22.00	11	22.00	44.00		
Defecto intenso 2.50	25	62.50	11	27.50	90.00		
TOTAL	100	95.50	100	56.50	152.00		
Media del defecto	0.9550		0.5650		(SF) 1.520		
Factor de desclasificación	Deformaciones (D)						Índice de grietas
	Acanaladura		Arqueadura		Torcedura		
FD	No.	No. *FD	No.	No. *FD	No.	No. *FD	Σ
Sin defecto 0.00	25	0.00	50	0.00	30	0.00	0.00
Defecto ligero 0.50	72	36.00	50	25.00	70	35.00	96.00
Defecto regular 2.00	3	6.00	0	0.00	0	0.00	6.00
Defecto intenso 2.50	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0.00
TOTAL	100	42.00	100	25.00	100	35.00	102.00
Media del defecto	0.4200		0.2500		0.3500		(D) 1.02
Índice de calidad = Σ de medias = (SF)+(D) = 2.54							

Cuadro 20. Índice de Calidad de Secado, para madera apilada en el secador solar.

Factor de desclasificación	Separación de fibras (SF)				Índice de grietas		
	Grietas		Rajaduras				
FD	No.	No. *FD	No.	No. *FD	Σ		
Sin defecto 0.00	80	0.00	76	0.00	0.00		
Defecto ligero 0.50	14	7.00	11	5.50	12.50		
Defecto regular 2.00	3	6.00	8	16.00	22.00		
Defecto intenso 2.50	3	7.50	5	12.50	20.00		
TOTAL	100	20.50	100	34.00	54.50		
Media del defecto	0.2050		0.3400		(SF) 0.5450		
Factor de desclasificación	Deformaciones (D)						Índice de grietas
	Acanaladura		Arqueadura		Torcedura		
FD	No.	No. *FD	No.	No. *FD	No.	No. *FD	Σ
Sin defecto 0.00	40	0.00	60	0.00	41	0.00	0.00
Defecto ligero 0.50	52	26.00	40	20.00	59	29.50	75.50
Defecto regular 2.00	7	14.00	0	0.00	0	0.00	14.00
Defecto intenso 2.50	1	2.50	0	0.00	0	0.00	2.50
TOTAL	100	42.50	100	20.00	100	29.50	92.00
Media del defecto	0.4250		0.2000		0.2950		(D) 0.9200
Índice de calidad = Σ de medias = (SF)+(D) = 1.4650							

Por tanto con los Índices de calidad que resultaron se tiene que:

SECADO AL AIRE LIBRE: I.C. = 2.5400

SECADO SOLAR: I.C. = 1.4650

Con el apoyo del cuadro 9 reportado en la página 54, el secado al aire libre se ubicó en el rango de 2.01 a 3.00, el cual indica que el proceso de secado fue **defectuoso**, siendo las condiciones de secado **inadecuadas** de acuerdo a la clasificación de Kauman y Mittak (1996). Sin embargo el secado en estufa solar cayó en el rango de 1.01 a 1.50 el

cual corresponde a un tratamiento de secado **satisfactorio**, aunque, las condiciones de secado se consideran poco adecuadas. No obstante, se obtuvo una mejor calidad de secado en el secado solar, en comparación con el secado al aire libre.

El cuadro 21 muestra la participación porcentual de cada uno de los defectos en los dos sistemas de secado. Se puede notar que en la carga secada al aire libre, los defectos que redujeron la calidad de la madera fueron las grietas principalmente, ya que estas alcanzaron hasta un 37.6% del total de defectos de secado, además, en conjunto con las grietas, la separación de fibras representó un 59.84% de lo defectos; mientras que las deformaciones fueron el 40.16%.

Cuadro 21. Participación porcentual de los defectos según sus factores de desclasificación.

Defecto	Secado al Aire		Secado Solar	
	FD	%	FD	%
Grietas	0.9550	37.60	0.2050	13.99
Rajaduras	0.5650	22.24	0.3400	23.21
Subtotal	<i>1.520</i>	<i>59.84</i>	<i>0.5450</i>	<i>37.20</i>
Acanaladura	0.4200	16.54	0.4250	29.01
Arqueadura	0.2500	9.84	0.2000	13.65
Torcedura	0.3500	13.78	0.2950	20.14
Subtotal	<i>1.020</i>	<i>40.16</i>	<i>0.9200</i>	<i>62.80</i>
Total	2.540	100	1.4650	100

En el secado solar, la madera se vio afectada en mayor proporción debido a las deformaciones, ya que éstas representaron un 62.80%, siendo la acanaladura, el defecto que más redujo la calidad de las tablas secadas con este sistema. Cabe señalar que los defectos resultantes de la separación de fibras, también contribuyeron en un 37.2%. Un

defecto común en ambos sistemas de secado fue el endurecimiento superficial, ya que al cortar la probetas para evaluar las tensiones de secado se noto que su manifestación en ambos sistemas de manera similar, ver figura 47.

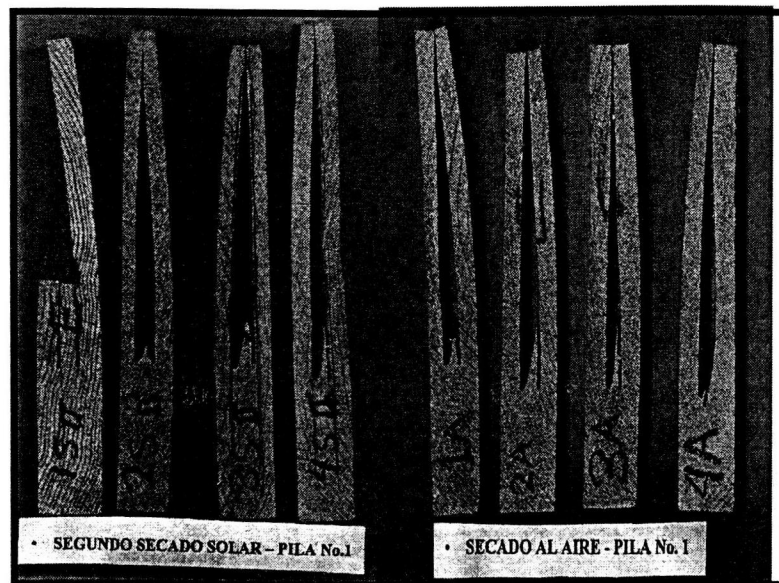


Figura 47. Probetas de esfuerzos de secado. S = Solar; A = Al aire.

En el caso del secado solar se considera que podría usarse un etapa de acondicionamiento colocando cubetas de agua o un sistema de aspersión en el interior de la cámara para humedecer el ambiente y liberar estos esfuerzos de la madera.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Construcción del secador

Definitivamente para iniciar la construcción del secador solar, primeramente se necesita contar con todos y cada uno de los materiales que se utilizarán. Otro aspecto de mayor importancia es la disponibilidad de mano de obra de manera que este factor no entorpezca el tiempo estimado de construcción de la cámara de secado. Debe tomarse en cuenta también la ubicación y tipo de la corriente eléctrica ya que es vital para el funcionamiento del secador. En este sentido, los materiales utilizados en la instalación eléctrica dependerán de las condiciones del lugar de construcción, por tanto la cantidad y tipo de elementos será variable.

El tiempo de construcción de este tipo de equipos, es alrededor de 15 a 20 días (trabajando diariamente), siempre y cuando se considere lo explicado en el párrafo anterior. En este caso específico, la construcción duró más tiempo, ya que se trabajó de forma intermitente. Este problema se debió principalmente a la falta de presupuesto para la construcción, además la mano de obra empleada respetaba horarios de trabajo de la Universidad que de alguna manera retardaron el ritmo de trabajo. Aunado a esto, la falta de personal de apoyo fue un factor determinante que limitó la rapidez de construcción.

Es importante señalar que en este caso solo se utilizaron dos ventiladores modificado su diámetro (mayor) y atornillados sobre marcos metálicos (PTR), ya que se tiene que asegurar el volumen y velocidad del aire que se tenía estimado, considerando tres ventiladores. Otra modificación fue en lo referente a la estructura que soporta los ventiladores, ya que se tenía en un principio contemplada con madera y finalmente se

construyó con estructura metálica (PTR), aunque si fue forrada con tablero contrachapado de 6 mm. En dicha estructura se colocó una lámina metálica sobre la cual se instaló el equipo eléctrico (interruptor, arrancadores y estaciones de botones).

Una de las modificaciones más importantes fue la utilización de madera de 1" para construcción de la estructura de madera lo cual abarató considerablemente los costos. Dichas modificaciones se muestran en los planos anexos a este documento.

Debido a los problemas encontrados en este proyecto, para construcciones posteriores es recomendable seguir una serie de pasos los cuales conlleven a agilizar los tiempos de construcción de secadores solares; esto puede observarse con mayor claridad en el capítulo de Construcción del Secador Solar, en donde se enumeran cada uno de los pasos a seguir, además se muestra la secuencia que debe llevar cada uno de dichos pasos. Respetando este procedimiento se tendrán resultados más favorables.

Es necesario contar con todos los materiales que componen esta construcción ya que la falta de alguno retrasa considerablemente el trabajo. De igual importancia es contar con mano de obra disponible en cada uno de los sectores de la construcción. Una de las cosas que no se tomó en cuenta en el proyecto fueron los gastos imprevistos, los cuales inflaron el precio del secador solar. Además para construcciones posteriores es necesario que para la instalación eléctrica primero se estudie el lugar de establecimiento del proyecto, ya que los materiales son variables según el caso. De igual manera la cimentación depende del lugar de construcción.

6.2 Tiempos y calidad de Secado

6.2.1 Secado al aire libre

Para iniciar la construcción de las pilas de secado se tuvieron varios inconvenientes los cuales causaron que la madera antes de ser apilada presentara mancha azul que aunque estas no fueron evaluadas, es un aspecto que debe cuidarse para no restar calidad a la madera.

Inicialmente se tenía contemplado realizar una evaluación del secado con una sola repetición, es decir, construir dos pilas de madera con sus respectivas muestras de secado, pero debido a los resultados obtenidos en la primera prueba en la cual las muestras de secado al aire libre necesitaron solo de 14 días para alcanzar un 10.45% de CHf partiendo de un 135.59% de CHv, llevó a la necesidad de realizar una segunda corrida de secado.

Cabe destacar que, durante la exposición de las primeras muestras se tuvieron condiciones climáticas favorables de temperatura, HR y velocidad del viento (Anexo 4), lo cual repercutió de manera significativa en la disminución rápida del CH. Aunado a esto, el tamaño de las pilas también puede considerarse un factor de gran importancia en la disminución de la humedad.

Al comparar el tiempo de secado al aire libre de las primeras muestras, con las que fueron colocadas en el secado solar, en tiempos no existió diferencia apreciable ya que en los dos sistemas fueron necesarios 14 días para alcanzar un 10.45% y 7.85% de CHf respectivamente, esto no quiere decir que el secado solar y el secado al aire libre

sean iguales, ya que en el secador solar se pueden lograr de todos modos contenidos de humedad más bajos.

Al realizar la evaluación de la segunda corrida de secado, se notaron condiciones climáticas más severas ya que el periodo de lluvias inició. En este caso las muestras tardaron 18 días para alcanzar un 11.74% de CHf partiendo de un 118.68 de humedad inicial, lo cual aún es poco tiempo en comparación con otros resultados obtenidos por otros investigadores. En este caso, al comparar los tiempos de secado de estas muestras con las expuestas en el secador solar, el tiempo de secado fue considerablemente más alto en el secado al aire libre ya que en el horno solo tardó 8 días para lograr un 10.82% de CHf.

En lo que corresponde a la calidad de la madera al final del secado se tiene que las grietas y rajaduras causadas por la exposición de los cabezales de las tablas a los cambios climáticos (separación de fibras), participaron en un 59.84% en la reducción de calidad de las tablas y junto con las deformaciones arrojaron un índice de calidad de 2.54 que al ubicarlo en el cuadro de clasificación cayó en el rango que está entre 2.01 a 3.00, el cual corresponde a un proceso de secado defectuoso donde las condiciones de secado fueron inadecuadas. Como se mencionó anteriormente, las deformaciones tuvieron menor participación en la desclasificación de la madera (40.16%).

Otro problema que se presentó al final del proceso, fue la presencia de endurecimiento superficial ya que al aire libre no es posible controlar una etapa de acondicionamiento la cual sirva a la madera para liberar los esfuerzos de secado.

6.2.2 Secado Solar

Como se mencionó en el apartado anterior, el experimento se realizó con dos corridas de secado las cuales se establecieron al mismo tiempo en el secador solar y al aire libre con sus respectivas muestras de secado. La primera corrida tardó más tiempo en secarse que el esperado. Esto se debió principalmente a que la humedad que salió de la madera no fue expulsada con eficiencia de la cámara de secado, causando condensación en el plafón y por ende provocando que la madera nuevamente adsorbiera esa humedad, dada su naturaleza higroscópica.

La periodicidad de apertura y cierre de las ventilas no fueron suficientes para evacuar el exceso de humedad que se encontraba dentro de la cámara, puesto que se utilizaron periodos muy cortos de apertura. Sin embargo, las condiciones climáticas que prevalecieron durante ese periodo fueron favorables y teóricamente la hipótesis era que esas muestras se secaran con mayor rapidez, ya que las muestras colocadas al aire libre se secaron más rápido que lo esperado. Finalmente se obtuvo un aceptable 10.82% de Chf.

Para la segunda corrida, se optó por aplicar un nuevo programa de apertura y cierre de ventilas y tiempos de funcionamiento de ventiladores el cual resultó de mayor eficiencia. En este caso las condiciones climáticas no fueron tan buenas como las de la primera repetición, el tiempo de secado fue de 8 días partiendo de un CHI de 125%.

Para el caso del secado solar, las condiciones de secado se consideraron poco adecuadas según la clasificación de Kauman y Mittak (1966), sin embargo,

comparativamente con el secado al aire libre se considera que el proceso de secado aplicado fue satisfactorio ya que se tuvo un índice de calidad de 1.465 en el cual las grietas y rajaduras participaron en un 37.20% y las deformaciones en un 62.80%. Esto implica que las tablas apiladas en el secador solar están menos expuestas a los rayos directos del sol, porque la presencia de la separación de fibras se presentó en menor proporción; pero para el caso de las deformaciones si es necesario colocas algunos contrapesos que impidan que las tablas de las capas superiores sufran deformaciones principalmente la acanaladura y la torcedura. Por lo que las deformaciones de la madera tuvieron mayor participación en la desclasificación de la madera.

El endurecimiento superficial también se presentó en la madera secada en el secador solar, solo que en este caso cabe una posibilidad de corregir este defecto mediante el uso de depósitos de agua en el interior de la cámara al final del secado o si se cuenta con recurso puede instalarse un sistema de aspersión de agua.

Otro uso que se podría dar a este tipo de equipo sería combinarlo con el secado convencional, es decir, secar la madera hasta el PSF en secador solar y posteriormente cambiarlo al secador convencional y por tanto, se tendría una reducción considerable de costos de secado.

7. CONCLUSIONES

- 1) Es necesario contar con todos los materiales y accesorios para la construcción del secador solar desde el principio de la misma. Así mismo localizar la mano de obra para cada una de las etapas de construcción, además de contar con personal de apoyo.
- 2) La construcción del secador solar diseñado es sencilla y no requiere de equipos o accesorios sofisticados para su funcionamiento.
- 3) Es necesario seguir la secuencia de actividades que se muestran en los resultados (figura 38) con el fin de obtener resultados satisfactorios en lo referente al tiempo de construcción.
- 4) El costo del secador solar resultó ser menor en comparación con el proyecto original debido a que se usaron solo dos ventiladores, pero se notaron diferencias en el costo del recubrimiento (plástico) ya que se utilizó otra metodología diferente al diseño original.
- 5) Se lograron en el secador solar temperaturas que alcanzaron el doble de las manifestadas al aire libre.
- 6) En el funcionamiento y eficiencia del secador solar, es fundamental el programa de apertura y cierre de las ventilas, debiéndose dejar abiertas permanente las ventilas de salida hasta que la humedad baje al 30 %.
- 7) Se manifestó el efecto de la época del año en la diferencia de tiempos de secado al aire libre y en el secador solar, notándose mayor diferencia en tiempos de secado en la época de lluvias ya que para la segunda corrida fueron necesarios 18 días para que la madera alcanzara un 11.45% de CHF secada al aire libre.

- 8) Para la segunda repetición, las condiciones climáticas se presentaron más severas y el secado al aire se prolongó; mientras que en el secador solar, gracias al nuevo programa de operación de la ventilas, el tiempo se logró reducir en un 50% respecto al secado al aire libre y a un CHf promedio menor.
- 9) Respecto a la calidad de la madera, se notó que en el secado al aire libre, las tablas presentaron un alto índice de grietas y rajaduras las cuales desclasificaron la madera hasta casi un 60%, lo cual implicó que se clasificara como madera de calidad defectuosa con condiciones de secado inadecuadas. Por tanto, aunque el tiempo de secado al aire libre fue relativamente corto la calidad de la madera no fue buena.
- 10) En el secador solar, se logró un secado satisfactorio aunque en la clasificación se consideran condiciones de secado poco adecuadas, este sistema es mejor que secar la madera al aire libre.
- 11) Es de gran importancia colocar contrapesos en la parte superior de las pilas de madera que se encuentran en el secador solar.
- 12) En ambos sistemas de secado se presentó el defecto de endurecimiento superficial.

8. RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda la construcción y uso de secadores solares, principalmente para la pequeña industria maderera en donde los volúmenes de madera no son muy elevados y por lo tanto solo se secará la madera de clase.
- ✓ Probar este prototipo con otros espesores de madera de pino y de otras especies y determinar los programas mas adecuados para cada espesor y tipo de madera. De igual forma secar cargas de otras especies y establecer sus programas de tiempo. Es factible recomendar este secador para maderas que no soportan temperaturas elevadas.
- ✓ Buscar algún sistema el cual permita aplicar una etapa final de acondicionamiento para liberar los esfuerzos de la madera y obtener así madera de mejor calidad.
- ✓ Proponer alguna modificación a la construcción actual, lo cual permita cargar la cámara con mayor facilidad, como por ejemplo usar montacargas o en su defecto colocar rieles. Con esto se logrará mayor eficiencia en el proceso de carga y descarga de la cámara de secado.
- ✓ Buscar algún material alternativo con transparencia suficiente para ser colocado en la parte superior del colector solar en forma de reemplazo del plástico, esto con el fin de proporcionar una mayor vida útil al secador solar.
- ✓ Dar mantenimiento preventivo y/o correctivo (cuando se necesite) a la construcción para evitar su pronto deterioro. En un futuro buscar la posibilidad de colocar el ventilador faltante.

- ✓ Colocar contrapesos en la parte superior de las pilas con el fin de reducir el defecto de deformaciones (acanaladura principalmente) en cualquier sistema de secado que se elija.
- ✓ Usar el secador solar durante los meses lluviosos y/o fríos y evaluar su comportamiento, comparándolo con los otros sistemas de secado. Concluir si hay diferencias con los sistemas operativos utilizados.

9. LITERATURA CITADA

- ALVAREZ N., H. y J.L. FERNÁNDEZ. 1990. Solar Drying of sawn lumber in Spain. Forest Industries Dept. National Agricultural Research Institute, Madrid. 173-174p.
- ANAYA H., E. 1988. Utilización de la energía solar en un presecador de maderas duras. Escuela de Ingenieros en Tecnología de la madera, Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo, Morelia, Mich., México. s/p.
- BOIS P., J. 1977. Construction and Operating a Small Solar-Heated Lumber Dryer. Forest Product Utilization, Technical Report No 7; USDA, Forest Service, Madison. 12 p.
- CAMBRIDGE GLASSHOUSE COMPANY. 1987. The Nomad Solar Kiln. Ltd. England. 10 p.
- CHILE. INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. Norma Chilena Oficial. Nch. 178. Of. 79. Madera aserrada de pino insigne. Clasificación por aspecto.
- COMISIÓN FORESTAL DE AMÉRICA DEL NORTE. 1994. Manual de construcción de estructuras ligeras de madera. Edit. Consejo Nacional de la Madera en la Construcción. México, Distrito Federal 472 p.
- CARIBBEAN TECHNOLOGICAL CONSULTANCY SERVICE. (s/f). Technical Information Package on Solar drying of Lumber, Scientific Research Council, Kingston, Jamaica.. pp. 6.
- DENIG J., E. M. WENGERT y W. T. SIMPSON. 2000. Drying hardwood lumber. Gen. Tech. Rep. FPL. GTR-118. Madison, Wi. US. Departament of Agriculture. Forest Service. Forest Laboratory. 138 p.

- ECHENIQUE-MANRIQUE R. y F. ROBLES FERNÁNDEZ. 1993. Ciencia y Tecnología de la Madera. Universidad Veracruzana, Xalapa, Ver. México. 126 p.
- FUENTES L., M. E. 1996. Análisis comparativo de tres sistemas de secado con madera de encino (*Quercus sp*). Tesis de Maestría. División de Ciencias Forestales Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Edo. de México. 126 p.
- FUENTES S., MARIO. 1998. Apuntes de secado de la madera. Mimeografiado. Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. Texcoco, Edo. de México. s/p.
- GAMMON, G. L. 1971. Volume loss and grade change of hardwood lumber during air drying. Res. Pap. NE-227. Broomall, PA: Northeast Forest Experiment Station. 17 p.
- KAUMAN, W. y G. MITTAK. 1966. Ensayos de secado en Coigüe (*Nothofagus dombeyi*) Informe técnico No. 25. Instituto Forestal. Santiago, Chile. 25 p.
- KUNZE, G. y J. J. HERMOSILLO. 1985. Horno para secar madera en la Sierra Huichola de Jalisco. Cuaderno de Divulgación Académica No. 10. ITESO. pp. 178-180.
- LÓPEZ P., V. 1985. Secado al aire libre de madera aserrada de *Pinus hartwegii* Lindl. en Chapingo, Edo. de México. Tesis Licenciatura. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Edo. de México. 50 p.
- MALDONADO, E. D. y E. C. PECK. 1962. Drying by Solar Radiation in Puerto Rico. Forest Products Journal. 12 (10): 487-488.
- MARTÍNEZ P., E. 1984. Secador solar para madera. Nota técnica No. 10. INIREB-LACITEMA. Xalapa, Ver., México. 14 p.
- MORALES G., M. R. y MARTÍN M. S. 1992. Secado al aire libre de madera aserrada de *Pinus hartwegii* Lindl. y *Pinus montezumae* Lam. En Chapingo, Edo. de México.

- Tesis Licenciatura. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Edo. de México . 102 p.
- OCHOA A., A. 1991. La energía solar en el secado de madera. Michoacán Forestal. Secc. Mich. No. 1. Asoc. Mex. De Prof. Ftiles. A.C. Morelia, Mich. pp. 15-17.
- PLUMPTRE, R. A. y D.L. JAYANETTI. 1996. Solar heated timber drying kilns, TRADA Technology Ltd. 28 p.
- RIETZ, R. C. 1972. A calendar for air-drying lumber in the upper Midwest. Res. Note FPL-0224. Department of Agriculture. Forest Service. Forest Service. University of Wisconsin . Madison, Wi. 46 p.
- RODRÍGUEZ A., R., F.J. FUENTES T. y E. MONTES R. 1989. El uso de secadores solares en la industria de la madera. AMATL. Instituto de Madera Celulosa y Papel. Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México. Bol. Difusión No. 4 pp. 22-33.
- SIMPSON W., T. y J. L. TSCHERNITZ. 1988. Performance of a solar/wood energy kiln in tropical latitudes. Forest Products Journal. USDA Forest Serv., Forest Prod. Lab.. Vol 39. No. 1. Madison, WI. Pp. 23-30.
- SOLANO, R. 1979. Construcción de una secadora solar para maderas. Ponencia del Primer Simposio: Energía Solar, Fundamentos y Aplicaciones. Editorial Tecnológica de San José. San José, Costa Rica. 313 p.
- TROXEL, H. E. y MUELLER, L. A . 1968. Solar Lumber Drying in the Central Rocky Mountain Region. Forest Products Journal. 18 (1): 19-24.
- VIEHBECK, PETER. 1985. Systemanalyse der heutigen Solartechnik sowie deren Einsatzmöglichkeiten im Bereich der Holzindustrie tropischer Entwicklungsländer,

Thesis, Rosenheim. 35 p. WWW.ritim.org.ar/publicaciones/pdf/secado%20solar.pdf
(mayo 2002).

VIEHBECK, P. 1999. Lo básico del secado de Madera con energía solar. Deutsches Zentrum für Entwicklungstechnologien- GATE. Trad. Edora Ormaza y Ana M. Galindo. Santa Cruz, Bolivia. 49 p. WWW.ritim.org.ar/publicaciones/pdf/secado%20solar.pdf
(mayo 2002).

YANG, K.C. 1980. Solar Kiln Performance at a High Latitude, 48° N. Forest Products Journal. 30(3): 37-40.

10. APÉNDICE

APÉNDICE 1: VARIACION DEL CH POR DIA EN SECADO SOLAR Y AL AIRE, CORRIDA 1
SECADO SOLAR REP. I SECADO AL AIRE LIBRE REP. I

FECHA	Muestra	Pv	CHm	PSC	FECHA	Muestra	Pv	PSC	CHm
16/05/02	1	3600	119.11	1643.01	16/05/02	1	3144	1254.44	150.63
	2	3587	144.12	1469.36		2	3700	1551.43	138.49
	3	3500	98.28	1765.18		3	3433	1554.87	120.79
	4	3456	95.91	1764.08		4	3738	1626.99	129.75
	5	3465	95.32	1774.01		5	3643	1570.87	131.91
	6	3025	108.84	1448.48		6	3551	1617.84	119.49
	7	3400	117.49	1563.29		7	3409	1360.72	150.53
	8	3596	136.84	1518.32		8	3585	1474.70	143.1
MEDIA				114.49	MEDIA				135.59
20/05/02	Muestra	Ph	PSC	CHh	22/05/02	Muestra	Ph	PSC	CHh
	1	2142	1643	30.37		1	1533	1254.44	22.21
	2	2013	1469	37.03		2	1878	1551.43	21.05
	3	2925	1765	65.72		3	1853	1554.87	19.17
	4	2656	1764	50.57		4	1970	1626.99	21.08
	5	2253	1774	27.00		5	1938	1570.87	23.37
	6	1947	1448	34.46		6	1957	1617.84	20.96
	7	2746	1563	75.69		7	1626	1360.72	19.50
22/05/02	8	3015	1518	98.62	23/05/02	8	1800	1474.70	22.06
	MEDIA			52.43		MEDIA			21.18
	1	1951	1643	18.75		1	1485	1254.44	18.38
	2	1832	1469	24.71		2	1820	1551.43	17.31
	3	2545	1765	44.19		3	1804	1554.87	16.02
	4	2281	1764	29.31		4	1911	1626.99	17.46
	5	2134	1774	20.29		5	1869	1570.87	18.98
	6	1803	1448	24.52		6	1887	1617.84	16.64
23/05/02	7	2280	1563	45.87	24/05/02	7	1567	1360.72	15.16
	8	2427	1518	59.88		8	1722	1474.70	16.77
	MEDIA			33.44		MEDIA			17.09
	1	1885	1643	14.73		1	1320	1159.00	13.89
	2	1778	1469	21.03		2	1634	1410.00	15.89
	3	2343	1765	32.75		3	1643	1432.00	14.73
	4	2186	1764	23.92		4	1731	1498.00	15.55
	5	2072	1774	16.80		5	1685	1442.00	16.85
24/05/02	6	1745	1448	20.51	25/05/02	6	1681	1440.00	16.74
	7	2007	1563	28.41		7	1407	1219.00	15.42
	8	1962	1518	29.25		8	1545	1334.00	15.82
	MEDIA			23.42		MEDIA			15.61
	1	1673	1472	13.65		1	1327	1159.00	14.50
	2	1590	1394	14.06		2	1639	1410.00	16.24
	3	2053	1729	18.74		3	1651	1432.00	15.29
	4	1965	1690	16.27		4	1737	1498.00	15.95
25/05/02	5	1812	1536	17.97	26/05/02	5	1687	1442.00	16.99
	6	1560	1365	14.29		6	1687	1440.00	17.15
	7	1740	1475	17.97		7	1416	1219.00	16.16
	8	1650	1381	19.48		8	1554	1334.00	16.49
	MEDIA			16.55		MEDIA			16.10
	1	1673	1472	13.65		1	1301	1159.00	12.25
	2	1589	1394	13.99		2	1606	1410.00	13.90
	3	2030	1729	17.41		3	1618	1432.00	12.99
25/05/02	4	1962	1690	16.09		4	1703	1498.00	13.68
	5	1809	1536	17.77		5	1651	1442.00	14.49

FECHA	Muestra	Pv	CHm	PSC	FECHA	Muestra	Pv	PSC	CHm
	6	1563	1365	14.51		6	1648	1440.00	14.44
	7	1739	1475	17.90		7	1384	1219.00	13.54
	8	1646	1381	19.19		8	1515	1334.00	13.57
	MEDIA			16.31		MEDIA			13.61
26/05/02	1	1627	1472	10.53	27/05/02	1	1301	1159.00	12.25
	2	1548	1394	11.05		2	1603	1410.00	13.69
	3	1957	1729	13.19		3	1617	1432.00	12.92
	4	1904	1690	12.66		4	1700	1498.00	13.48
	5	1761	1536	14.65		5	1647	1442.00	14.22
	6	1518	1365	11.21		6	1645	1440.00	14.24
	7	1680	1475	13.90		7	1384	1219.00	13.54
	8	1588	1381	14.99		8	1512	1334.00	13.34
	MEDIA			12.77		MEDIA			13.46
27/05/02	1	1624	1472	10.33	29/05/02	1	1296	1159.00	11.82
	2	1515	1394	8.68		2	1573	1410.00	11.56
	3	1940	1729	12.20		3	1588	1432.00	10.89
	4	1898	1690	12.31		4	1668	1498.00	11.35
	5	1757	1536	14.39		5	1614	1442.00	11.93
	6	1516	1365	11.06		6	1611	1440.00	11.88
	7	1672	1475	13.36		7	1357	1219.00	11.32
	8	1578	1381	14.27		8	1480	1334.00	10.94
	MEDIA			12.07		MEDIA			11.46
29/05/02	1	1586	1472	7.74	31/05/02	1	1271	1159.00	9.66
	2	1510	1394	8.32		2	1561	1410.00	10.71
	3	1872	1729	8.27		3	1577	1432.00	10.13
	4	1848	1690	9.35		4	1656	1498.00	10.55
	5	1715	1536	11.65		5	1600	1442.00	10.96
	6	1480	1365	8.42		6	1598	1440.00	10.97
	7	1622	1475	9.97		7	1349	1219.00	10.66
	8	1531	1381	10.86		8	1467	1334.00	9.97
	MEDIA			9.32		MEDIA			10.45
31/05/02	1	1569	1472	6.59					
	2	1493	1394	7.10					
	3	1836	1729	6.19					
	4	1822	1690	7.81					
	5	1694	1536	10.29					
	6	1465	1365	7.33					
	7	1598	1475	8.34					
	8	1508	1381	9.20					
	MEDIA			7.85					

APÉNDICE 2: VARIACION DEL CH POR DIA EN SECADO SOLAR Y AL AIRE, CORRIDA 2

SECADO SOLAR REPETICION II

SECADO AL AIRE LIBRE REP. II

FECHA	Muestra	Pv	PSC	CHm	FECHA	Muestra	Ph	PSC	CHh
31/05/02	1	4086	2198	85.90	31/05/02	1	4065	2208	84.10
	2	3438	1467	134.36		2	3073	1434	114.30
	3	3730	1475	152.88		3	3694	1512	144.31
	4	3869	1714	125.73		4	3804	1662	128.88
	5	3900	1665	134.23		5	3900	1762	121.34
	6	3869	1662	132.81		6	3906	1649	136.87
	7	4012	1977	102.93		7	4149	2079	99.57
	8	2758	1182	133.33		8	2709	1231	120.06
MEDIA				125.27	MEDIA				118.68
01/06/02	Muestra	Ph	PSC	CHh	01/06/02	Muestra	Ph	PSC	CHh
	1	3311	2198	50.64		1	3596	2208	62.86
	2	2365	1467	61.21		2	2618	1434	82.57
	3	2980	1475	102.03		3	3192	1512	111.11
	4	2943	1714	71.70		4	3256	1662	95.91
	5	2884	1665	73.21		5	3355	1762	90.41
	6	2926	1662	76.05		6	3363	1649	103.94
	7	3317	1977	67.78		7	3694	2079	77.68
	8	2178	1182	84.26		8	2310	1231	87.65
MEDIA				73.36	MEDIA				89.02
02/06/02	1	2753	2198	25.25	02/06/02	1	3317	2208	50.23
	2	1780	1467	21.34		2	2375	1434	65.62
	3	2109	1475	42.98		3	2879	1512	90.41
	4	2160	1714	26.02		4	2959	1662	78.04
	5	2105	1665	26.43		5	3021	1762	71.45
	6	2121	1662	27.62		6	3010	1649	82.53
	7	2604	1977	31.71		7	3415	2079	64.26
	8	1550	1182	31.13		8	2108	1231	71.24
MEDIA				29.06	MEDIA				71.72
03/06/02	1	2697	2198	22.70	03/06/02	1	3180	2208	44.02
	2	1732	1467	18.06		2	2252	1434	57.04
	3	1942	1475	31.66		3	2711	1512	79.30
	4	2097	1714	22.35		4	2796	1662	68.23
	5	2046	1665	22.88		5	2862	1762	62.43
	6	2047	1662	23.16		6	2835	1649	71.92
	7	2519	1977	27.42		7	3265	2079	57.05
	8	1480	1182	25.21		8	1982	1231	61.01
MEDIA				24.18	MEDIA				62.63
04/06/02	1	2583	2198	17.52	04/06/02	1	2880	2208	30.43
	2	1661	1467	13.22		2	1981	1434	38.15
	3	1765	1475	19.66		3	2293	1512	51.65
	4	2000	1714	16.69		4	2375	1662	42.90
	5	1943	1665	16.70		5	2455	1762	39.33
	6	1937	1662	16.55		6	2409	1649	46.09
	7	2392	1977	20.99		7	2883	2079	38.67
	8	1391	1182	17.68		8	1657	1231	34.61
MEDIA				17.38	MEDIA				40.23
05/06/02	1	2509	2198	14.15	05/06/02	1	2742	2208	24.18
	2	1616	1467	10.16		2	1881	1434	31.17
	3	1684	1475	14.17		3	2045	1512	35.25
	4	1946	1714	13.54		4	2155	1662	29.66
	5	1887	1665	13.33		5	2244	1762	27.36
	6	1882	1662	13.24		6	2169	1649	31.53
	7	2324	1977	17.55		7	2710	2079	30.35
	8	1345	1182	13.79		8	1500	1231	21.85
MEDIA				13.74	MEDIA				28.92

FECHA	Muestra	Pv	PSC	CHm	FECHA	Muestra	Ph	PSC	CHh
06/06/02	1	2483	2198	12.97	06/06/02	1	2673	2208	21.06
	3	1653	1475	12.07		3	1871	1512	23.74
	4	1917	1714	11.84		4	2060	1662	23.95
	5	1861	1665	11.77		5	2129	1762	20.83
	6	1863	1662	12.09		6	2154	1649	30.62
	7	2284	1977	15.53		7	2628	2079	26.41
	8	1321	1182	11.76		8	1441	1231	17.06
		MEDIA	12.58				MEDIA	23.38	
07/06/02	1	2456	2198	11.74	07/06/02	1	2618	2208	18.57
	2	1590	1467	8.38		2	1791	1434	24.90
	3	1627	1475	10.31		3	1800	1512	19.05
	4	1889	1714	10.21		4	2007	1662	20.76
	5	1849	1665	11.05		5	2059	1762	16.86
	6	1845	1662	11.01		6	1983	1649	20.25
	7	2247	1977	13.66		7	2574	2079	23.81
	8	1303	1182	10.24		8	1400	1231	13.73
		MEDIA	10.82				MEDIA	19.74	
					10/06/02	1	2577	2208	16.71
						2	1774	1434	23.71
						3	1748	1512	15.61
						4	1960	1662	17.93
						5	2007	1762	13.90
						6	1934	1649	17.28
						7	2515	2079	20.97
						8	1370	1231	11.29
							MEDIA	17.18	
					11/06/02	1	2553	2208	15.63
						2	1757	1434	22.52
						3	1731	1512	14.48
						4	1938	1662	16.61
						5	1988	1762	12.83
						6	1914	1649	16.07
						7	2492	2079	19.87
						8	1355	1231	10.07
							MEDIA	16.01	
					12/06/02	1	2551	2208	15.53
						2	1761	1434	22.80
						3	1730	1512	14.42
						4	1940	1662	16.73
						5	1985	1762	12.66
						6	1906	1649	15.59
						7	2487	2079	19.62
						8	1358	1231	10.32
							MEDIA	15.96	
					14/06/02	1	2548	2208	15.40
						2	1745	1434	21.69
						3	1712	1512	13.23
						4	1919	1662	15.46
						5	1957	1762	11.07
						6	1891	1649	14.68
						7	2462	2079	18.42
						8	1346	1231	9.34
							MEDIA	14.91	
					17/06/02	1	2451	2208	11.01
						2	1698	1434	18.41
						3	1665	1512	10.12

FECHA	Muestra	Pv	PSC	CHm	FECHA	Muestra	Ph	PSC	CHh
						4	1870	1662	12.52
						5	1906	1762	8.17
						6	1842	1649	11.70
						7	2400	2079	15.44
						8	1312	1231	6.58
							MEDIA		11.74

**APÉNDICE 3 CONTENIDOS DE HUMEDAD DE MUESTRAS DE SECADO
Y SECCIONES DE HUMEDAD**

SECADO SOLAR PILA 1

SECCIONES DE HUMEDAD

SECCION	PV	Po	CH	CHm
1A	170.04	74.26	128.98	
1B	200.09	95.63	109.23	119.11
2A	174.6	71.82	143.11	
2B	151	61.6	145.13	144.12
3A	157.67	78.68	100.39	
3B	174.12	88.76	96.17	98.28
4A	184.49	91.85	100.86	
4B	176.08	92.21	90.96	95.91
MEDIA			114.35	114.35

**CONTENIDOS DE HUMEDAD DE MUESTRAS DE SECADO Y SECCIONES DE HUMEDAD
SECADO SOLAR PILA 2**

SECCIONES DE HUMEDAD

SECCION	PV	Po	CH	CHm
1A	175.82	86.8	102.56	
1B	205.48	109.25	88.08	95.32
2A	169.28	81.53	107.63	
2B	203.72	96.99	110.04	108.84
3A	130.41	63.17	106.44	
3B	120.69	52.81	128.54	117.49
4A	187.16	77.74	140.75	
4B	181.78	78.04	132.93	136.84
MEDIA			114.62	114.62

**CONTENIDOS DE HUMEDAD DE MUESTRAS DE SECADO Y SECCIONES DE HUMEDAD
SECADO AL AIRE LIBRE PILA 1**

SECCIONES DE HUMEDAD

SECCION	PV	Po	CH	CHm
1A	182.09	72.69	150.50	
1B	185.38	73.93	150.75	150.63
2A	218.87	91.61	138.91	
2B	214.83	90.24	138.07	138.49
3A	203.23	92.55	119.59	
3B	197.72	89.07	121.98	120.79
4A	211.78	92.24	129.60	
4B	224.63	98.27	128.58	129.09
MEDIA			134.75	134.75

**CONTENIDOS DE HUMEDAD DE MUESTRAS DE SECADO Y SECCIONES DE HUMEDAD
SECADO AL AIRE LIBRE PILA 2**

SECCIONES DE HUMEDAD

SECCION	PV	Po	CH	CHm
1A	222.99	98.2	127.08	
1B	207.26	87.55	136.73	131.91
2A	208.4	94.88	119.65	
2B	198.87	90.67	119.33	119.49
3A	143.73	57.21	151.23	
3B	199.77	79.96	149.84	150.53
4A	178.12	75.58	135.67	
4B	230.92	92.17	150.54	143.10
MEDIA			136.26	136.26

**APÉNDICE 4: CONDICIONES AMBIENTALES EN EL SECADOR SOLAR PARA LAS DO
CORRIDAS DE SECADO**

CONDICIONES DE SECADO DE LA CARGA I

INTERIOR

Temperatura	H.R.	V. Viento	Punto de rocío
41	54	3.8	29
37.4	36	3.8	19
36.8	36	3.8	18.5
35	20	3.8	8.8
40.5	18	3.8	11.2
43.4	13	3.8	7.8

EXTERIOR

Temperatura	H.R.	V. Viento	Punto de rocío
28	10	1.3	-8.2
26	27	0.7	5.5
26.5	25	0.8	5.8
26.5	18	1.2	0.1
31.9	10	1	-2.9
29.1	8	1.5	-8.1

APÉNDICE 5 CONDICIONES DE SECADO DE LA CARGA II

INTERIOR

Temperatura	H.R.	V. Viento	Punto de rocío
31.6	22	3.8	6.7
28.1	33	3.8	10.3
27	34	3.8	9.8
39.2	21	3.8	12.6
37.7	29	3.8	16
31.4	31	3.8	12.2

EXTERIOR

24.7	26	3	2.7
20.6	34	1	3.5
19.8	41	1.5	5.3
27	20	2.2	2.6
24.1	42	0.5	10.2
23	35	1.5	6.4
26.6	40	0.6	10.9
26.7	44	0.5	14
26.5		1.2	0.1

APÉNDICE 6.**CONDICIONES CLIMATICAS PREVALECIENTES DENTRO Y FUERA DEL SECADOR SOLAR**

SIN CARGA

TEMPERATURAS EXTERIORES ESTUFA SOLAR SIN CARGA

HORA	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	MEDIA/DIA
09:00	16.5	16.8	13.9	13.1	15.7	15.2
12:00	24.4	21.3	18.3	19.6	21.9	21.1
15:00	27.7	24.3	21.5	23.8	24.8	24.4
18.00	23	23.7	21.7	23.6	23.4	23.1

TEMPERATURAS INTERIORES

HORA	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	TEMPERATURA
09:00	25.7	31.9	19.5	21.6	27.4	25.2
12:00	46.8	43.5	34.2	44.8	46.1	43.1
15:00	50.4	50.4	50.3	46.1	48.8	49.2
18.00	38.3	34.6	34.8	36.4	33.6	35.5

HUMEDAD RELATIVA EN EL EXTERIOR

HORA	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	HR
09:00	56	46	63	66	57	57.6
12:00	27	37	47	44	35	38.0
15:00	20	22	31	25	20	23.6
18.00	28	16	36	21	19	24.0

HUMEDAD RELATIVA EN EL INTERIOR

HORA	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	HR
09:00	42	29	50	44	37	40.4
12:00	14	19	33	21	18	21.0
15:00	9	11	13	17	10	12.0
18.00	23	12	21	13	15	16.8

VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO EN EL EXTERIOR

HORA	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	VEL.VIENTO
09:00	0.7	0.6	0.3	0.2	0.5	0.46
12:00	0.4	0.4	0.5	0.9	0.5	0.54
15:00	1.3	0.8	0.7	1.3	1.4	1.10
18.00	0.6	0.8	0.4	1.1	0.9	0.76

VEL.VIENTO

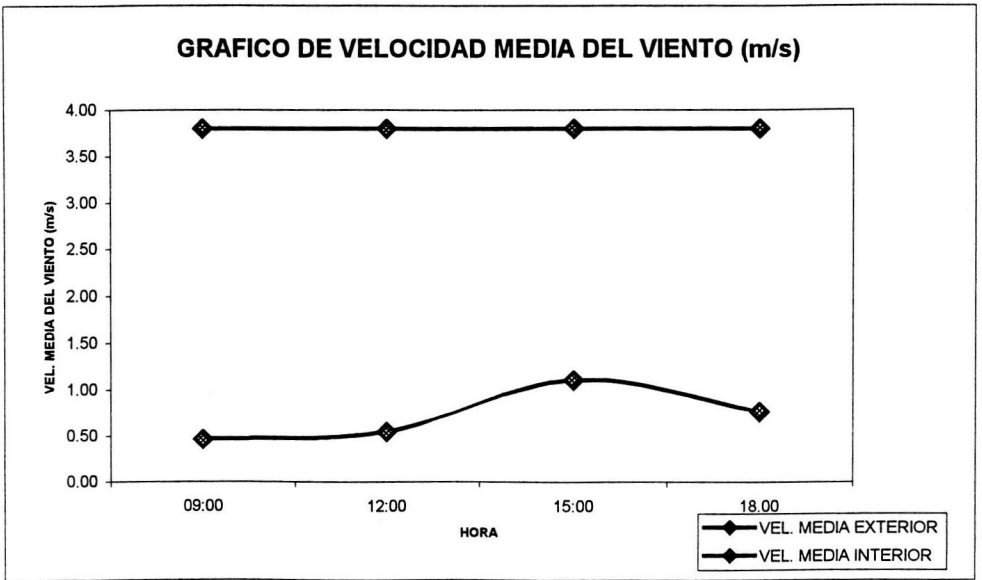
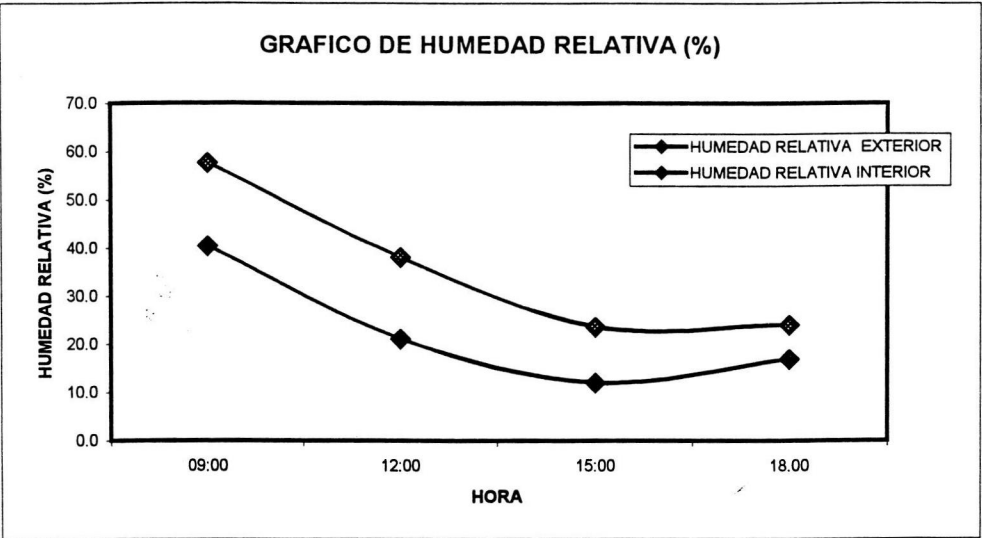
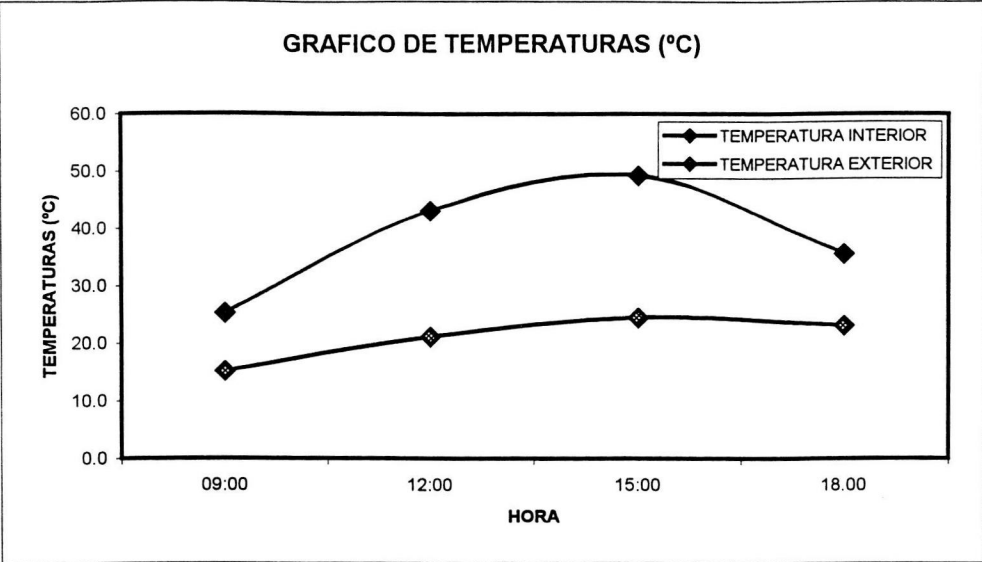
3.8

3.8

3.8

3.8

APÉNDICE 7. GRAFICOS DE CONDICIONES DE SECADO SIN CARGA.



APÉNDICE 8:
GRADIENTES DE HUMEDAD CORRIDAS I Y II

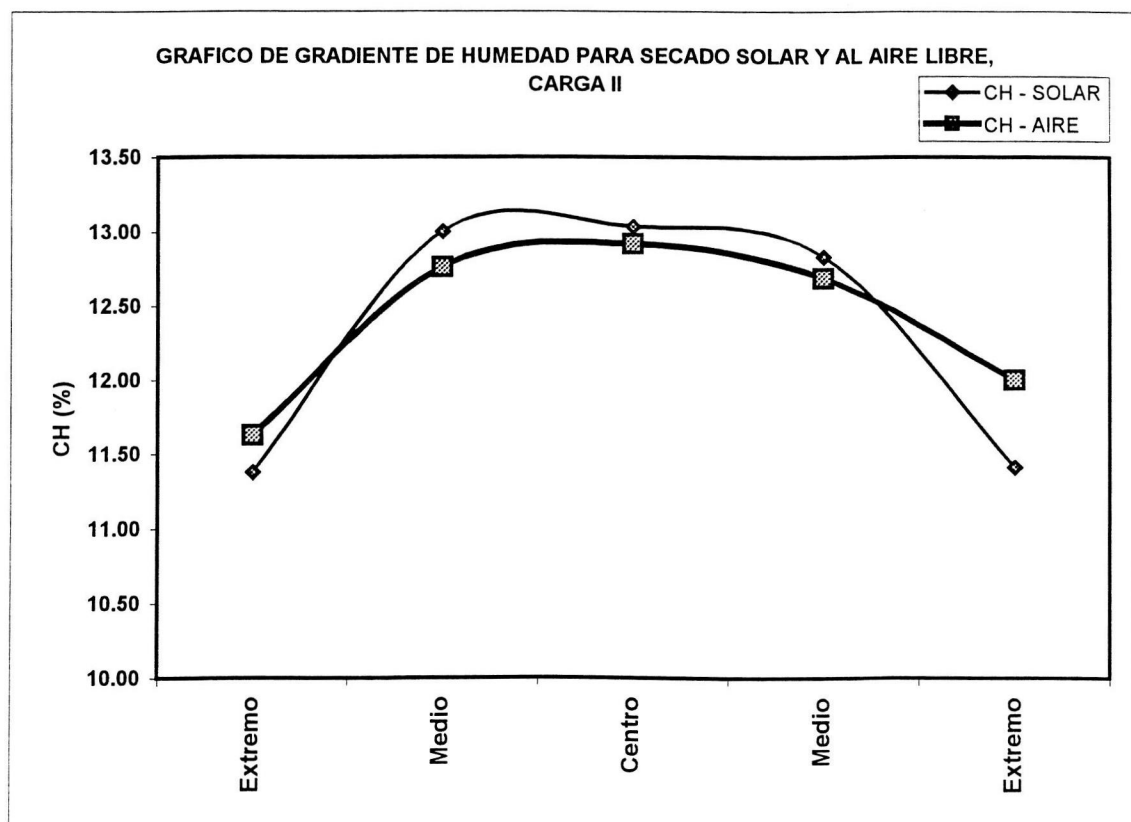
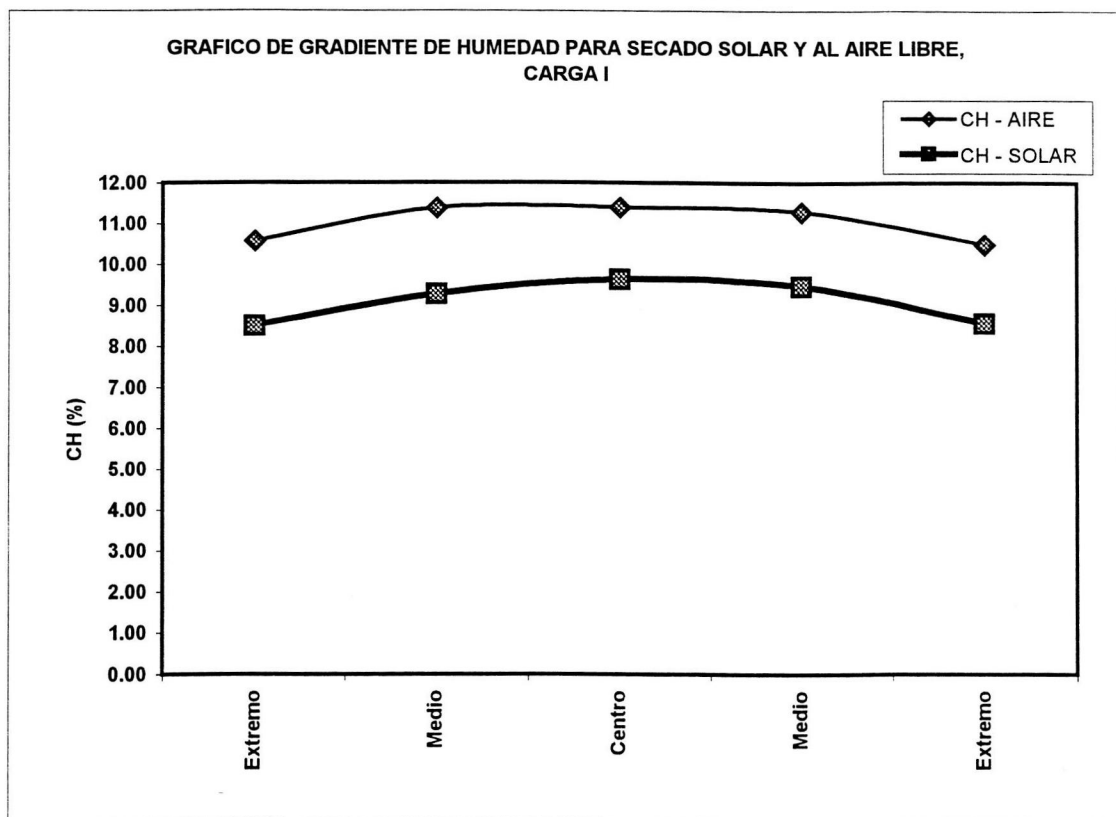
SOLAR	Extremo	Medio	Centro	Medio	Extremo
	7.62	8.17	8.59	8.47	8.00
	7.59	8.17	8.61	8.69	8.22
	9.02	10.27	10.65	10.15	8.87
	9.03	10.05	10.37	10.19	9.14
	8.54	9.40	9.81	9.88	8.15
	7.82	7.97	8.25	8.03	7.57
	9.59	10.57	10.81	10.61	9.58
	8.70	9.58	9.87	9.64	8.91
MEDIA	8.49	9.27	9.62	9.46	8.55

AIRE	Extremo	Medio	Centro	Medio	Extremo
	9.90	10.83	10.75	11.14	10.56
	10.38	11.38	11.75	11.79	11.11
	10.58	11.19	11.48	11.29	10.43
	10.81	11.84	11.78	11.84	11.08
	10.96	11.92	11.74	11.62	10.48
	10.37	11.34	10.92	10.61	9.39
	11.36	11.67	11.74	11.38	10.71
	10.18	10.86	10.92	10.59	10.04
MEDIA	10.57	11.38	11.38	11.28	10.48

SOLAR II	Extremo	Medio	Centro	Medio	Extremo
	11.40	13.15	13.41	12.93	11.35
	10.91	11.57	11.66	11.50	10.46
	11.74	13.09	13.38	12.92	11.52
	11.33	13.91	12.69	13.05	11.08
	11.19	12.54	12.79	12.67	11.49
	10.83	12.24	12.47	12.02	10.80
	12.38	14.56	14.69	14.49	12.68
	11.25	12.92	13.17	13.06	11.89
MEDIA	11.38	13.00	13.03	12.83	11.41

AIRE II	Extremo	Medio	Centro	Medio	Extremo
	12.18	13.12	13.38	12.77	11.55
	12.18	13.25	13.19	12.68	12.06
	11.61	12.46	12.54	12.40	12.26
	11.57	12.79	13.27	12.76	12.33
	11.93	13.01	12.92	12.93	12.28
	11.71	12.68	12.78	12.55	11.90
	11.95	12.86	13.06	12.99	12.10
	9.87	11.92	12.19	12.39	11.48
MEDIA	11.63	12.76	12.92	12.68	11.99

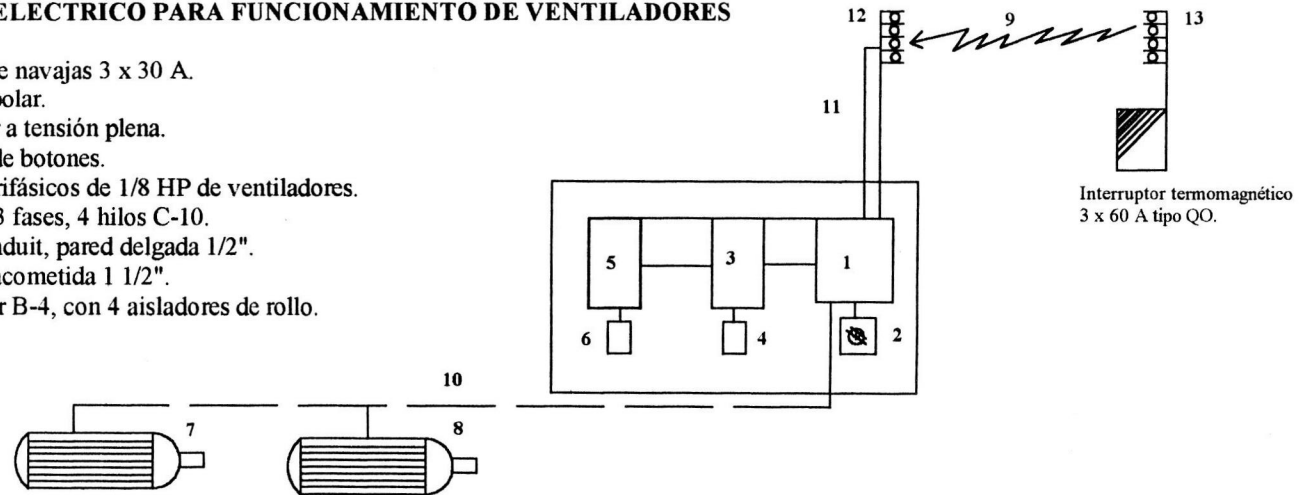
APÉNDICE 9. GRAFICOS DE GRADIENTE DE HUMEDAD REP. I Y II



APÉNDICE 10. Diagrama de instalación eléctrica para ventiladores

MATERIAL ELECTRICO PARA FUNCIONAMIENTO DE VENTILADORES

1. Interruptor de navajas 3 x 30 A.
2. Contacto bipolar.
- 3, 5. Arrancador a tensión plena.
- 4, 6. Estación de botones.
- 7, 8. Motores trifásicos de 1/8 HP de ventiladores.
9. Acometida, 3 fases, 4 hilos C-10.
10. Tubería conduit, pared delgada 1/2".
11. Tubo para acometida 1 1/2".
- 12, 13. Bastidor B-4, con 4 aisladores de rollo.



APÉNDICE 11. Diagrama de la instalación eléctrica

LEYENDA

B: Bobina

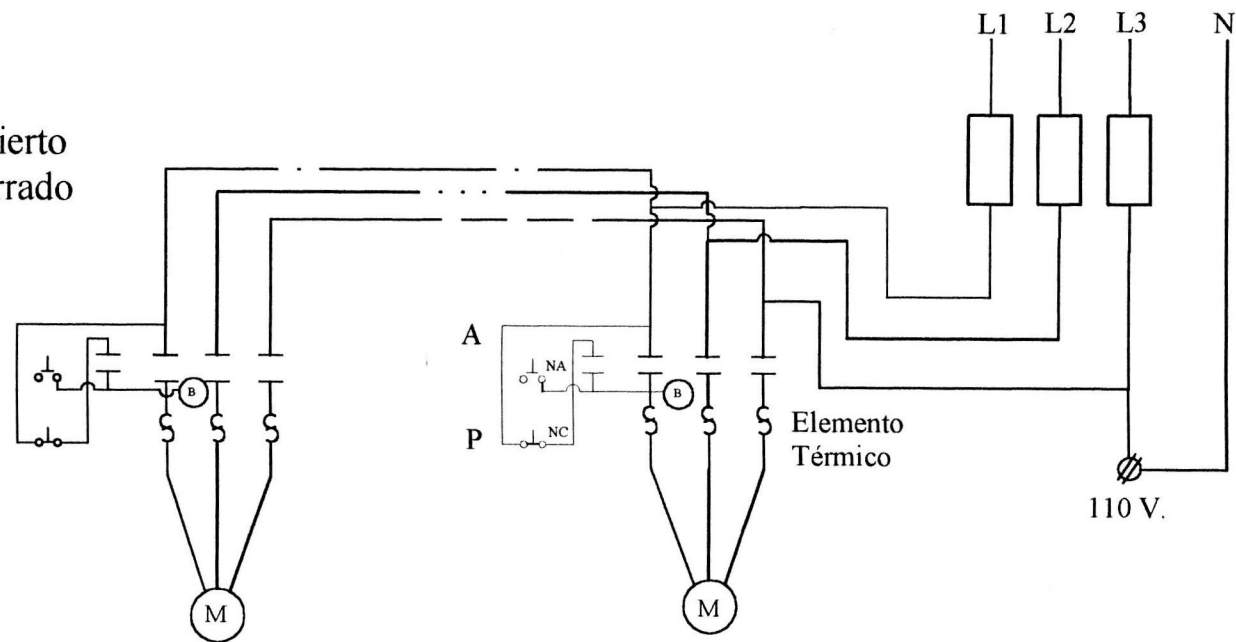
M: Motor

NA: Normalmente abierto

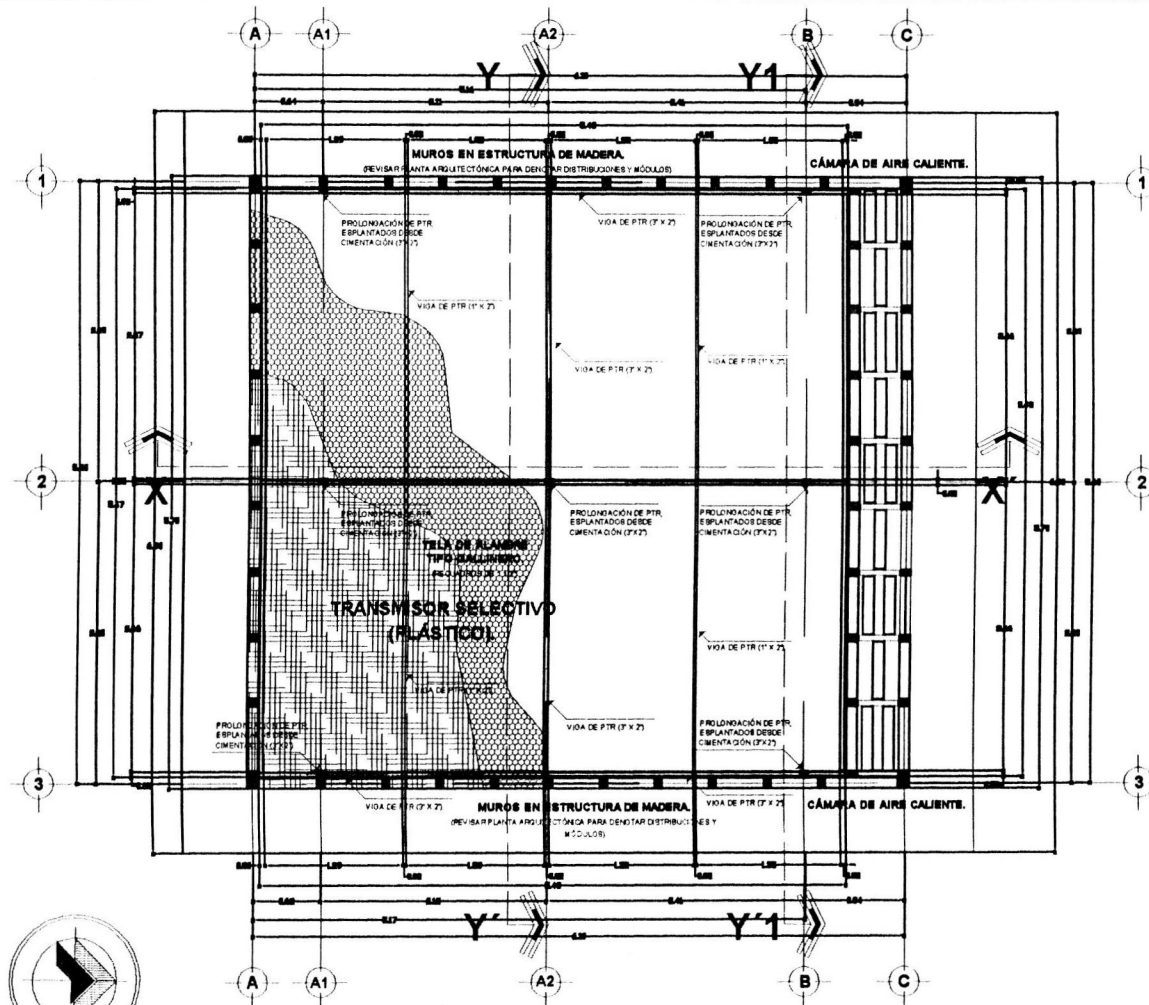
NC: Normalmente cerrado

A: Arranque

P: Paro



10.1 PLANOS CONSTRUCTIVOS



2 PLANTA ESTRUCTURA METÁLICA PARA SOPORTE DEL TRANSMISOR SELECTIVO. "SECADOR SOLAR CON CAPACIDAD PARA 3000 PT".

ESCALA 1:25 - REFERENCIAS INDICADAS EN PIE DE PLANO Y ESPECIFICACIONES.

ESPECIFICACIONES. ASPECTO CONSTRUCTIVO.

NOTAS ESTRUCTURALES:

- LA SEPARACIÓN DE LOS PIES DE RECHOS ES DE 10 CM A CENTROS.
- TANTO EL FUNDAMENTO DE CONCRETO COMO CUALQUIER OTRO ELEMENTO ESTRUCTURAL DEBERÁ SER CON CONCRETO F' = 200 KG/CM² ARMADO CON MALLA 88 15 15 COLADO EN SITU, CON UN ESPESOR MÍNIMO DE 12 CM.
- POSTES DE PTR CALIBRE 14 DE 3X2, ANCLADO AL PISO CON PLACA CALIBRE 14 DE 30 CM X 20 CM.
- EL TECHO DEBERÁ TENER UNA INCLINACIÓN DE 12° HACIA EL SUR Y SERÁ HECHO A BASE DE TUBULAR CALIBRE 18 DE 3X1.52.
- EL ABROPEADOR DEBE SER DE LÁMINA GALVANIZADA DENTRO PLANA, CALIBRE 12 OMM DE ESPESOR, PINTADO DE NEGRO MATE POR LA CARA INTERNA AL COLECTOR, CON DIMENSIONES DE 2.30X1.28X1.33, TRASPASE DE 1 CM COMO MÍNIMO LO REFERENTE A UNA ONDA DE LÁMINA.
- EL ANCLAJE DE LAS LÁMINAS ALTUBULAR Y PTR DEBE SER CON PLAS DE 3.52 Y 5X1 @ 20 CM.
- EL PLÁSTICO (TRANSMISOR SOLAR SELECTIVO) A UTILIZAR SERÁ DE UN CALIBRE 720 DEBE ESTAR PERFECTAMENTE ESTIRADO SOBRE LA MALLA DE ALAMBRE, ANCLADO CON CABLE METÁLICO Y ALAMBRE 20.20 PARA INVERNADERO.

NOTAS DE ACERO ESTRUCTURAL:

- EL ACERO ESTRUCTURAL CUMPLIRÁ CON LOS SIGUIENTES REQUISITOS:

TABLA DE CARACTERÍSTICAS DE ELEMENTOS.		
ELEMENTO ESTRUCTURAL A NOMBRAR	REQUISITOS	ESPECIFICACIÓN
PLACAS, BARRAS Y PERFILES	2.350 kg/cm ²	A-30
PERFILES DE LÁMINA	3.518 kg/cm ²	A-30
PERNOS DE ANCLAJE	2.350 kg/cm ²	A-30

- TODAS LAS CONEXIONES A TORNILLADAS DE VIDAS Y COLUMNAS SE HARÁN CON TORNILLOS ASTM A-307 O LOS INDICADOS EN DETALLE CORRESPONDIENTE.
- TODAS LAS CONEXIONES A TORNILLADAS DE LAPROUROS SE HARÁN CON TORNILLOS A-307 O LOS INDICADOS EN DETALLE CORRESPONDIENTE.
- TODAS LAS BOLDADURAS CONTARÁN CON LA REVISIÓN DE LA NORMA ANSI/AWS D11. LOS ELECTRODOS SERÁN DE LA SERIE E 70.
- EL ACERO EN PERFILES LAMINADOS Y PLACAS SERÁ ASTM A-36 CON N° 2.350 kg/cm².
- EL ACERO EN PERFILES DE LÁMINA DOBLADA SERÁ DE ALTA RESISTENCIA N° 3.518 kg/cm².
- EL ACERO EN ANCLAJES CONTRAVIENTOS SERÁ ASTM A-36 CON N° 2.350 kg/cm².
- TORNILLOS ESTRUCTURALES EN TRABAJOS DE ALTA RESISTENCIA ASTM A-307.
- TORNILLOS EN LAPROUROS GRADO ESTÁNDAR ASTM A-307.
- LAS OPERACIONES DE CORTE, SOLDADURA, MOVILIDAD Y PROTECCIÓN SE AJUSTARÁN A LO CONTENIDO EN LAS ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN Y MATERIALES, MARCADAS EN LOS DOCUMENTOS CORRESPONDIENTES.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO.
DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES.
"SECADOR SOLAR TIPO INVERNADERO
PARA MADERA ASERRADA".

GRUPO AZTECA TEXCOCO.
ARQUITECTURA, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

AV. CALLE DE LA PAZ N° 12 COL. LA PAZ, CDMX, D.F. C.P. 06700
TEL: 55 11 11 11 CORREO ELECTRÓNICO: info@grupotexcoco.com

PROYECTO:
SECADOR SOLAR TIPO INVERNADERO.

DIRECCIÓN: LUIS ALVARO ALONSO
COORDINADOR DE OBRAS
FONETAS

CONSTRUCTORES:
FABIAN LUNA BALBUENA

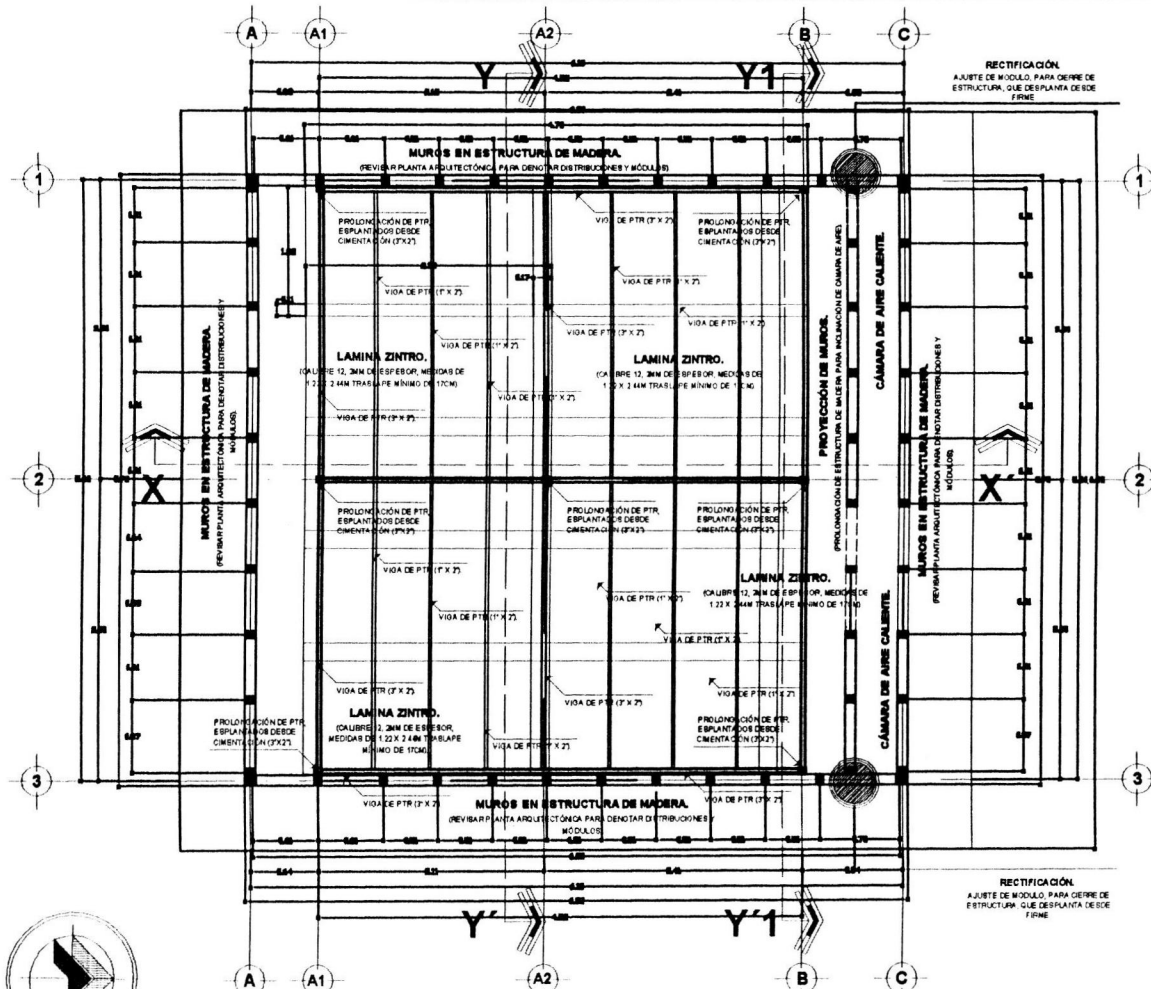
ESCALA GRÁFICA:
0 0.50 1 2

DISEÑO: M. C. MAURO FUENTES BALBUENA
ASISTENTE: ANDRÉS JUANES ORTEGA
REVISOR: ANDRÉS JUANES ORTEGA

PROYECTO DE: INVERNADERO PARA SECADO DE MADERA

CLAVE: A-02

ARQUITECTÓNICOS.



3 PLANTA ESTRUCTURA METÁLICA PARA SOPORTAR EL ABSORBEDOR (LÁMINA). "SECADOR SOLAR CON CAPACIDAD PARA 3000 PT".

ESCALA 1:25 - REFERENCIAS INDICADAS EN PIE DE PLANO Y ESPECIFICACIONES.

ESPECIFICACIONES. ASPECTO CONSTRUCTIVO.

NOTAS SOBRE SECADOR:

- LA CAPACIDAD DEL SECADOR SOLAR SERÁ DE 3,000 PT. DIVIDIDO EN DOS PLAS DE MADERA.
- EL PLAS DE LA MADERA DEBERÁ SER A TOPE (CANTO A CANTO).
- DE DEBERÁN EMPLEAR 1 REPARADORE DE 3" (38MM) ENTRE LAS TABLAS, PERFECTAMENTE ALINEADOS.
- LOS VENTILADORES DEBERÁN SER DE 24" DE DIÁMETRO Y DE 1/2 HP. TRIFÁSICOS, GENERAL ELECTRIC O SIMILAR.
- LAS VENTILAS PUEDEN SER DE HERRIERA, ALUMINIO O MADERA, DEBIDAMENTE ANCLADA Y BELLAS.
- EL ESPACIO DE AIRE DENTRO DEL COLECTOR SERÁ DE 30CM DISTANCIA ENTRE ABSORBEDOR Y TRANSMISOR SELECTIVO.
- DE DEBERÁN COLGAR 4 POLINES DE 4" X 1" A LO LARGO DE LA PILA, PARA SU SOPORTE, ALINEADOS PERFECTAMENTE A LOS REPARADORES.
- SE DEBE TIRAR CONTRACHAPADO DE 9MM EN EL MUR DE MADERA QUE VA DEL COLECTOR A LA CAMARA DE SECADO, FUNCIONANDO COMO DIVISOR DE AIRE. (VER CORTE X-X).

NOTAS ESTRUCTURALES:

- LA REPARACIÓN DE LOS PIES DE RECHOS ES DE 81CM A CANTOS.
- TANTO EL FIANDE DE CONCRETO COMO CUALQUIER OTRO ELEMENTO ESTRUCTURAL DEBERÁ SER CON CONCRETO F' = 2800 KG/CM² ARMADO CON MALLA #8 @ 15 CM, COLADO EN SITU CON UN ESPESOR MÍNIMO DE 10CM.
- POSTES DE PTR. CALIBRE 14 DE 3X7, ANCLADO AL PISO CON PLACA CALIBRE 94 DE 30CM X 30CM.
- EL TECHO DEBERÁ TENER UNA INCLINACIÓN DE 18° HACIA EL SUR Y SERÁ HECHO A BASE DE TUBULAR CALIBRE 18 DE 3X1.92.
- EL ABSORBEDOR DEBE SER DE LÁMINA GALVANIZADA ZINTRO PLANA, CALIBRE 12 (2MM DE ESPESOR), PINTADA DE NEGRO MATE POR LA CARA INTERNA AL COLECTOR, CON DIMENSIONES DE 2.44X1.22M Y UN TRASPASE DE 10CM COMO MÍNIMO O LO QUE FALTE A UNA ONDA DE LÁMINA.
- EL ANCLAJE DE LAS LÁMINAS AL TUBULAR Y PTR DEBE SER CON PLAS DE 3/2" X 1/4" @ 30CM.
- EL PLÁSTICO (TRANSMISOR SOLAR SELECTIVO) A UTILIZARSE SERÁ DE UN CALIBRE 700, DEBENDO ESTAR PERFECTAMENTE ESTIRADO SOBRE LA MALLA DE ALAMBRE, ANCLADO CON CAYAL METÁLICO Y ALAMBRE #20 @ 20 CM EN EL VERTICERO.

NOTAS SOBRE PUERTAS:

- PUERTA A PUERTA DE MANTENIMIENTO, TIPO TAMBORE HECHA A BASE DE BASTIDOR DE MADERA DE 2" X 4". REFUERZO DE LARGUEROS Y TRAVESAÑOS DE LAS MISMAS DIMENSIONES, FORMANDO RETÍCULAS NO MAYORES DE 60CM Y RECUBIERTA CON CONTRACHAPADO DE 9MM POR UNA SOLA CARA.
- PUERTA B PUERTA DE MANTENIMIENTO, TIPO TAMBORE HECHA A BASE DE BASTIDOR DE MADERA DE 2" X 4". REFUERZO DE LARGUEROS Y TRAVESAÑOS DE LAS MISMAS DIMENSIONES, FORMANDO RETÍCULAS NO MAYORES DE 60CM Y RECUBIERTA CON CONTRACHAPADO DE 9MM POR UNA SOLA CARA.
- PUERTA C PUERTA DE CARGA Y DESCARGA DE MADERA, TIPO TAMBORE HECHA A BASE DE BASTIDOR DE MADERA DE 2" X 4". REFUERZO DE LARGUEROS Y TRAVESAÑOS DE LAS MISMAS DIMENSIONES, FORMANDO RETÍCULAS NO MAYORES DE 60CM Y RECUBIERTA CON CONTRACHAPADO DE 9MM POR AMBAS CARAS.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO.
DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES.

"SECADOR SOLAR TIPO INVERNADERO
PARA MADERA ASERRADA".



GRUPO AZTECA TEXCOCO.
AERODINAMISMO Y CONSTRUCCIÓN

JACIMIENTOS S.A. DE C.V. COLONIA BAHUAYUTLAN LINDERO
18080, CHAPINGO, TEXCOCO, ESTADO DE MEXICO, C.P. 56200
TEL: 01-55-5611-1111 CORREO: BAHUAYUTLAN@GMAIL.COM

PROYECTO:
SECADOR SOLAR TIPO INVERNADERO.

DIRECCIÓN: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO, DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES.

CONSTRUCTOR: DAVID LUNA MACHUCA

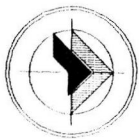
CLIENTE: DAVID LUNA MACHUCA

PROYECTISTA DE ESTRUCTURAS: DAVID LUNA MACHUCA

CLAVE: A-03

ESCALA GRAFICA:
1:25

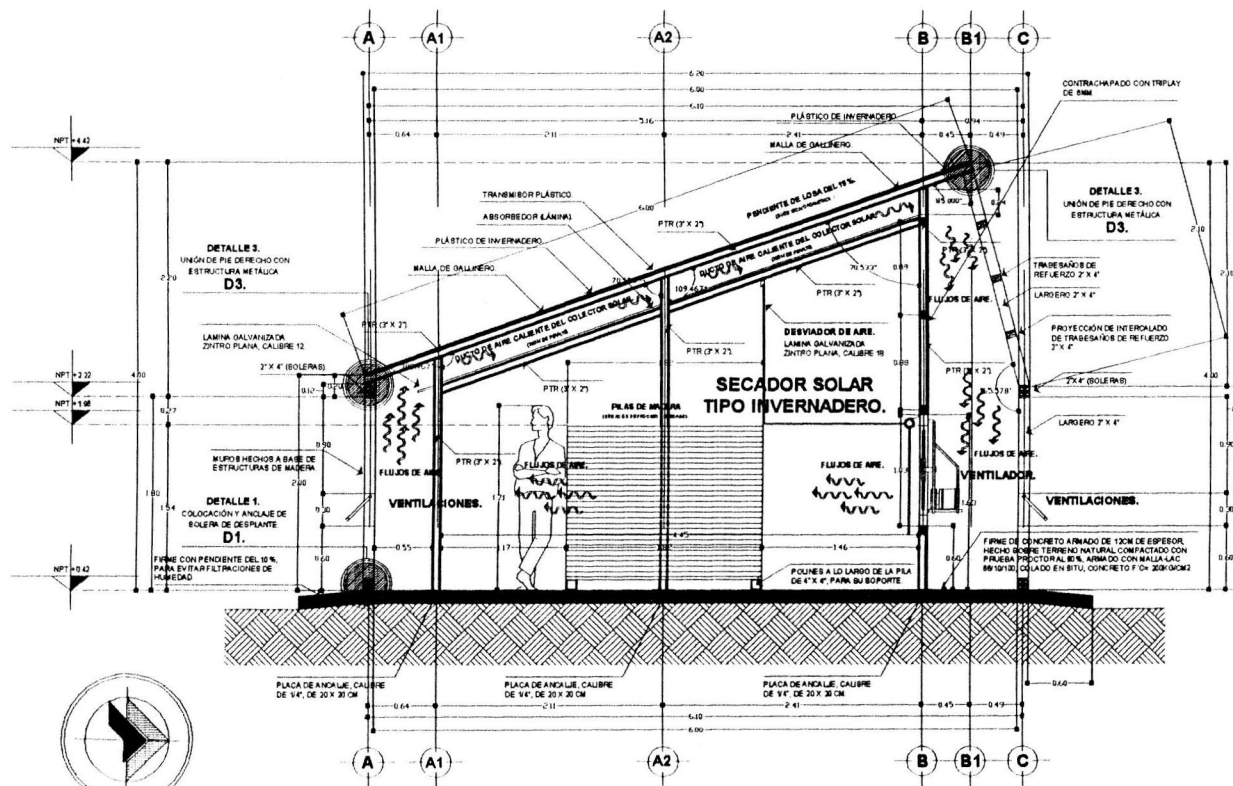
ARQUITECTÓNICOS.



ARQUITECTÓNICOS.

CORTE TRANSVERSAL X-X'
ARQUITECTÓNICO. "SECADOR SOLAR CON
CAPACIDAD PARA 3000 PT".

ESCALA 1:25 - REFERENCIAS INDICADAS EN PIE DE PLANO Y
ESPECIFICACIONES.



NOTAS DE ACERO ESTRUCTURAL:

A EL ACERO ESTRUCTURAL CUMPLIRÁ CON LOS SIGUIENTES REQUISITOS

ELEMENTO ESTRUCTURAL CONDICIÓN	ESFUERZO DE FLUENCIA (MPa)	EMBALE
PLACAS BARRAS Y PERFILES	2 980 MPa	A - B
PERFILES DE ALUMINIO	2 980 MPa	A - 5 500
PERFILES DE ACERO	2 980 MPa	A - B

B. TODAS LAS CONEXIONES A TORNEILLADAS DE VIGAS Y COLUMNAS SE HARÁN CON TORNEILLOS ASTM A-325, O LOS INDICADOS EN DETALLE CORRESPONDIENTE.

C. TODAS LAS CONEXIONES A TORNEILLADAS DE LARQUEROS SE HARÁN CON TORNEILLOS A-307, O LOS INDICADOS EN DETALLE CORRESPONDIENTE.

D. TODAS LAS SOLDADURAS CONTARÁN CON LA REVISIÓN DE LA NORMA ANSI A5.1 D11 LOS ELECTRODOS SERÁN DE LA SERIE E-70.

E ELACERO EN PERFILES LÁMINADOS Y PLACAS BERÁ ASTM A-36 CON $\rho = 2,350 \text{ kg/cm}^3$

F. EL CERO EN PILAS DE LÁMINA DOBLADA SERÁ DE ALTA RESISTENCIA $\geq 5,516 \text{ kg/cm}^2$

G. EL CERO EN ANCLAJES Y CONTRAVIENTOS SERÁ ASTM A-36 CON $f_y \geq 5,500 \text{ kg/cm}^2$

H. TORILLERA ESTRUCTURAL ENTRE TRABES ALTA RESISTENCIA ASTM A - 325

I. TORILLERA EN LARGUEROS GRADO ESTANDAR ASTM A-307

J. LAS OPERACIONES DE CORTE, SOLDADURA, MONTAJE Y PROTECCIÓN SE AJUSTARÁN LO CONTENIDO EN LAS ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN Y MATERIALES MARCADAS EN LOS DOCUMENTOS CORRESPONDIENTES

NOTAS GENERALES DEL PROYECTO.

1 A COTACIONES EN METROS PARA PLANOS ARQUITECTÓNICOS Y DEMÁS PLANOS ADICIONALES AL PROYECTO

2 EL DISEÑO Y EL CONSTRUCTOR ESTARÁN OBLIGADOS A CONOCER, RESPETAR Y PONER EN PRÁCTICA LAS DISPOSICIONES DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN QUE ESTIPULA EL REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES DEL DISTRITO FEDERAL Y SUS NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS

3 TODOS LOS DETALLES NECESARIOS INDICADOS EN PLANOS SE DEBERÁN REVISAR EN PLANOS DE PLANOS CORRESPONDIENTES

ESPECIFICACIONES. ASPECTO CONSTRUCTIVO.

NOTAS SOBRE SECADOR:

A. LA CAPACIDAD DEL COLECTOR DEBÍA SER DE 3.000 PT. INCLUIDO EN LOS PLANCHES DE MADERA.
B. EL PLANCH DE LA MADERA DEBERÍA SER A TOPE (CANTO A CANTO).
C. DEBE INCLUIRSE A SEPARADORES DE 3/4" (INCH) ENTRE LAS TABLAS, PERFECTAMENTE ALINEADOS.
D. LOS VENTILADORES DEBERÁN SER DE 24" DE DIÁMETRO Y DE 1/2 HP. (LOS DEBEN INCLUIR ELÉCTRICOS INCLUIR).
E. LAS VENTILAS PUEDEN SER DE HERRIERA, ALUMINIO O MADERA, DEBIDAMENTE ANGULAS Y BELLACAS.
F. EL ESPACIO DE AIRE DENTRO DEL COLECTOR DEBÍA DE 30 CM. (DEBEN INCLUIR ABSORCIÓN Y TRANSMISOR RELEVANTES).
G. DEBE INCORPORAR POLVO DE 6" X 1/4" (LARGO DE LA PILA, PARA SU SOPORTE, ALINEADOS PERPENDICULARMENTE A LOS SEPARADORES).
H. SE DEBE USAR CONTRACHAPADO DE 5/8" EN EL MURO DE ADELANTE QUE VA DEL COLECTOR A LA CÁMARA DE RECAUDO. FUNCIONANDO COMO DIVISOR DE AIRE, PARA QUE CORRA X X).

NOTAS ESTRUCTURALES:

A. REPARACIÓN DE LOS PUNOS DE DERECHOS DE 80 CM A CENTRO

1. B. LANTO DEL FIRME DE CONCRETO COMO CUALQUIER OTRO ELEMENTO ESTRUCTURAL, DEBERÁ SER CON CONCRETO F' = 280 KG/CM² ARMADO CON BARRA 60% 10, COLADO EN BUTIL, CON UN EFECTO BARRA DE 20 CM.

2. C. POSTES DE PTE, CALIBRE 1/4" 3X4, ANCLADO AL PUNO CON PLACA CALABRE 200 X 200 X 30 CM.

3. D. EL ALAMBRE DEBERÁ TENER UNA INCLINACIÓN DE 19° HACIA EL SUR Y DEBERÁ Hacer DE TABULAR 0,027.

4. E. EL ALAMBRE DEBERÁ DEBER DE LÁMINA GALVANIZADA ZINC BUNTA, CALIBRE 12/20M DE ESPESOR, FINIDAD DE NEURO MAYOR QUE PARA LA CARPINTERÍA, COLECTOR, CON DIAMETROS DE 2 401/2 200 CM.

5. F. EL ALAMBRE DEBERÁ DEBER DE LÁMINA TUBULAR, PTE DEBERÁ CON PLACA DE 3/4" X 4" X 40 CM.

6. G. EL PLÁSTICO TRANSPIRABLE RESISTIVO A LA ULTRAVIOLETA DEBE DE CALIBRE 1/2" DE DIAMETRO ESTANDO EN CONTACTO CON EL ALAMBRE, ANCLADO CON CANTAS, METÁLICO Y ALAMBRE 20 20 PUN INFERIORES.

NOTAS SOBRE PUERTAS:

A PUERTA 8: PUERTA DE MANTENIMIENTO, TIPO TAMBOR HECHA A BASE DE BASTIDOR DE MADERA DE 2'X 4"; REFUERZO DE LARGOR Y TRABAJOS DE LAS MISMAS DIMENSIONES, FORMANDO RETICULAS NO MAYORES DE 80CM Y RECUBIERTA CON CONTRACHAPADO DE 6MM, PUNTA SOLA CARA.

B PUERTA 2: PUERTA DE MANTENIMIENTO, TIPO TAMBOR HECHA A BASE DE BASTIDOR DE MADERA DE 2'X 4"; REFUERZO DE LARGOR Y TRABAJOS DE LAS MISMAS DIMENSIONES, FORMANDO RETICULAS NO MAYORES DE 80CM Y RECUBIERTA CON PLASTICO PARA IMPERMEABILIZAR CALIBRE 730.

C PUERTA 3: PUERTA DE CARA Y DESCARGA DE MADERA, TIPO TAMBOR HECHA A BASE DE BASTIDOR DE MADERA DE 2'X 4"; REFUERZO DE LARGOR Y TRABAJOS DE LAS MISMAS DIMENSIONES, FORMANDO RETICULAS NO MAYORES DE 80CM Y RECUBIERTA CON CONTRACHAPADO DE 6MM POR AMBAS CARAS.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO.
DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES.
**"SECADOR SOLAR TIPO INVERNADERO
PARA MADERA ASERRADA".**

GRUPO AZTECA TEXCOCO.
ASESORÍA, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

JACARANDA S/N 13 COLÔNIA BEM-PROZARPA S/ UN-040

JACARANDAS NO. 13 COLONIA BELLINOZAPATA URBANO
ISSSTE, CHAPIÑO TEXCOCO ESTADO DE MÉXICO TELFONO:
471-11 CORREO ELECTRÓNICO: opm@yupmail.com

100

© 2004 Blackwell Publishing Ltd, *Journal of Internal Medicine* 255: 105–112

DIRECTOR:
M.C. MARIO ELIZABETH SALINAS

AB

ARG. JOAQUIN OBRIEN
MR. LOUIS CORREA

RO.

1. The applicant is a citizen of the United States.

PROPERTY OF
LIBRARY OF CONGRESS

CLAVE:
A 22

ORTE ARQUITECTÓNICO

TRANSVERSAL X-X'.

...the ...

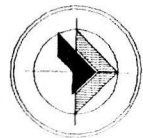
[illegible]

1	2
---	---

© 2000 Blackwell Science Ltd *Journal of Internal Medicine* 247: 111–118

© 2006 The Authors
Journal compilation © 2006 Blackwell Publishing Ltd

www.sagepub.com/journalsPermissions.nav



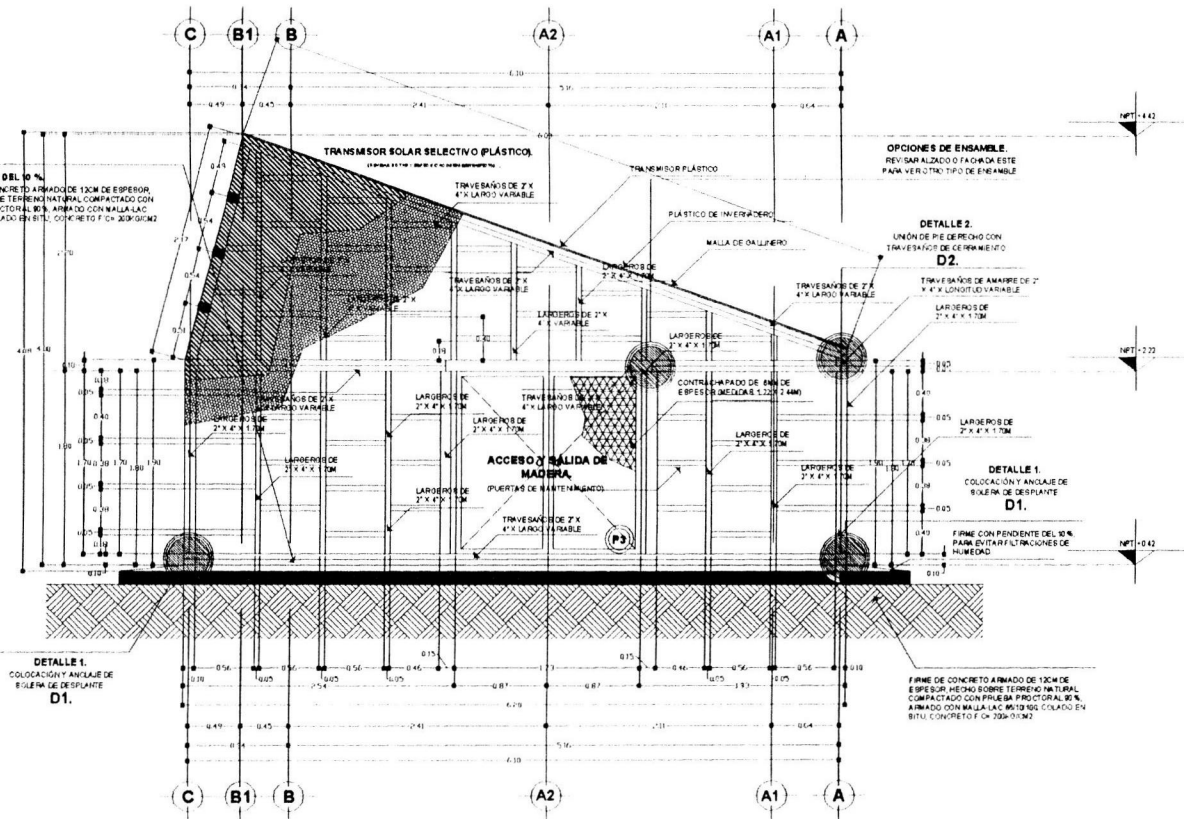
B. TODAS LAS CONEXIONES A TORILLADAS DE VIGAS Y COLUMNAS SE HARÁN CON TORNELLOS ASTM A-325, O LOS INDICADOS EN DETALLE CORRESPONDIENTE.

C. TODAS LAS CONEXIONES A TORILLADAS DE LARGUEROS SE HARÁN CON TORNELLOS A-307, O LOS INDICADOS EN DETALLE CORRESPONDIENTE.

D. TODAS LAS SOLDADURAS CONTARÁN CON LA REVISIÓN DE LA NORMA AWS/AISC D1.1. LOS ELECTRODOS SERÁN DE LA SERIE E-70.

ALZADO O FACHADA ESTE ARQUITECTÓNICA. "SECADOR SOLAR CON CAPACIDAD PARA 3, 000 PT".

ESCALA 1:25 - REFERENCIAS INDICADAS EN PIE DE PLANO Y
ESPECIFICACIONES.



NOTAS DE ACERO ESTRUCTURAL:

A. EL ACERO ESTRUCTURAL CUMPLIRÁ CON LOS SIGUIENTES REQUISITOS:

TABLA DE CARACTERÍSTICAS DE ELEMENTOS		
ELEMENTO ESTRUCTURAL	ESPECIFICACIÓN	REFERENCIA
PLACAS BASTIDOR Y PUEBLOS	2" espesor	A-16
PERFILES DEL MADERA	2" x 4" x 1/2"	A-16
PERFILES DE ACERO	2" espesor	A-16

B. TODAS LAS CONEXIONES ATORNILLADAS DE VIGAS Y COLUMNAS SE HARÁN CON TORNILLOS ASTM A-325. O LOS INDICADOS EN DETALLE CORRESPONDIENTE.
C. TODAS LAS CONEXIONES ATORNILLADAS DE LARGUEROS SE HARÁN CON TORNILLOS A-307. O LOS INDICADOS EN DETALLE CORRESPONDIENTE.
D. TODAS LAS SOLDADURAS CUMPLIRÁN CON LA REVISIÓN DE LA NORMA AWS D1.1 D1.1.1. LOS ELECTRODOS SERÁN DE LA SERIE E-70.

E. EL ACERO EN PERFILES LAMINADOS Y PLACAS SERÁ ASTM A-36 CON W-2, 350 kg/m².
F. EL ACERO EN PERFILES DE LÁMINA DOBLADA SERÁ DE ALTA RESISTENCIA ASTM A-572.
G. EL ACERO EN ANCLAJES Y CONTRAVIENTOS SERÁ ASTM A-36 CON W-2, 350 kg/m².
H. TORNILLOS ESTRUCTURALES EN TABLEROS DE ALTA RESISTENCIA ASTM A-307.
I. TORNILLOS EN LARGUEROS DE ALTA RESISTENCIA ASTM A-307.
J. LAS OPERACIONES DE CORTE, SOLDADURA, MONTAJE Y PROTECCIÓN SE ADECUARÁN LO CONTENIDO EN LAS ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN MATERIALES MARCADAS EN LOS DOCUMENTOS CORRESPONDIENTES.

NOTAS GENERALES DEL PROYECTO.

1. A LOS DETALLES EN PLANOS PARA PLANOS ARQUITECTÓNICOS Y DEMÁS PLANOS ADICIONALES AL PROYECTO.
2. EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN ESTÁN CIRCULADOS A CONSIDERAR, RESPECTIVAMENTE, EN LA PRÁCTICA LAS DISPOSICIONES DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN QUE ESTIPULA EL REGLAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DEL DISTRITO FEDERAL Y SUS NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS.
3. TODOS LOS DETALLES NECESARIOS INDICADOS EN PLANOS DE DEBERÁN REVISAR EN PLANOS DE DETALLES CORRESPONDIENTES.

ESPECIFICACIONES ASPECTO CONSTRUCTIVO.

NOTAS SOBRE SECADOR:

- LA CAPACIDAD DEL SECADOR SOLAR SERÁ DE 3, 000 PT. DIVIDIDO EN DOS PLAS DE MADERA.
- EL APILADO DE LA MADERA DEBERÁ SER A TOPE (CANTO A CANTO).
- SE DEBE EMPLEAR A BARRANCONES DE 34" (900) ENTRE LAS TABLAS, PERFECTAMENTE ALINEADOS.
- LOS VENTILADORES DEBERÁN SER DE 34" DE DIÁMETRO Y DE 12 HP, TRIFÁSICOS, GENERAL ELECTRIC O SIMILAR.
- LAS VENTILAS PUEDEN SER DE HERRIERA, ALUMINIO O MADERA, DEBIDAMENTE ANCLADAS Y SELLADAS.
- EL ESPACIO DE AIRE DENTRO DEL COLECTOR SERÁ DE 30"X DISTANCIA ENTRE ABSURSOR EN 4"Y TRANSMISOR SELECTIVO.
- SE DEBE COLOCAR 4 PULGAS DE 4"X4" AL LARGO DE LA PILA, PARA EL SOPORTE, ALINEADOS PERFECTAMENTE A LOS BARRANCONES.
- SE DEBE USAR CONTRACHAPADO DE 1/2" EN EL MURO DE MADERA QUE VA DEL COLECTOR A LA CAMARA DE SECADO, FUNCIONANDO COMO DEVIADOR DE AIRE, (VER CORTE X-X).

NOTAS ESTRUCTURALES:

- LA REPARACIÓN DE LOS PIES DEBEN SER DE 10CM A CENTROS.
- TANTO EL FIRME DE CONCRETO COMO CUALQUIER OTRO ELEMENTO ESTRUCTURAL DEBERÁ SER CON CONCRETO F-200 (1000) ARMADO CON MALLA #10-16, COLOCADO EN SITIO CON UN ESPESOR MÍNIMO DE 10CM.
- POSTES DE PTRA CALIBRE 14 DE 1/2", ANCLADO AL PISO CON PLACA 94" DE 200X100X100.
- EL TECHO DEBERÁ TENER UNA INCLINACIÓN DE 12° HACIA EL SUR, SERÁ HECHO A BASE DE TUBULAR CALIBRE 18 DE 3/4" X 1/2".
- EL AISLAMIENTO DEBEN SER DE LÁMINA GALVANIZADA 200 PULGAS, CALIBRE 10 CM DE ESPESOR, PINTADA DE NEGRO MATE POR LA CARA INTERNA AL COLECTOR, CON DIMENSIONES DE 240X120X100.
- EL AISLAMIENTO DEBEN SER DE LÁMINA GALVANIZADA 200 PULGAS, CALIBRE 10 CM DE ESPESOR, PINTADA DE NEGRO MATE POR LA CARA INTERNA AL COLECTOR, CON DIMENSIONES DE 240X120X100.
- EL AISLAMIENTO DEBEN SER DE LÁMINA GALVANIZADA 200 PULGAS, CALIBRE 10 CM DE ESPESOR, PINTADA DE NEGRO MATE POR LA CARA INTERNA AL COLECTOR, CON DIMENSIONES DE 240X120X100.
- EL AISLAMIENTO DEBEN SER DE LÁMINA GALVANIZADA 200 PULGAS, CALIBRE 10 CM DE ESPESOR, PINTADA DE NEGRO MATE POR LA CARA INTERNA AL COLECTOR, CON DIMENSIONES DE 240X120X100.

NOTAS SOBRE PUERTAS:

- PUERTA 1: PUERTA DE MANTENIMIENTO, TIPO TAMBOR HECHA A BASE DE BASTIDOR DE MADERA DE 2" X 4" REFUEZOS DE LARGUEROS Y TRAVESAÑOS DE LAS MISMAS DIMENSIONES FORMANDO RETÍCULAS NO MAYORES DE 60CM Y RECUBIERTA CON CONTRACHAPADO DE 1/2" PARA UNA SOLA CARA.
- PUERTA 2: PUERTA DE MANTENIMIENTO, TIPO TAMBOR HECHA A BASE DE BASTIDOR DE MADERA DE 2" X 4" REFUEZOS DE LARGUEROS Y TRAVESAÑOS DE LAS MISMAS DIMENSIONES FORMANDO RETÍCULAS NO MAYORES DE 60CM Y RECUBIERTA CON PLÁSTICO PARA INVERNADERO CALIBRE 70.
- PUERTA 3: PUERTA DE CARGA Y DESCARGA DE MADERA, TIPO TAMBOR HECHA A BASE DE BASTIDOR DE MADERA DE 2" X 4" REFUEZOS DE LARGUEROS Y TRAVESAÑOS DE LAS MISMAS DIMENSIONES FORMANDO RETÍCULAS NO MAYORES DE 60CM Y RECUBIERTA CON CONTRACHAPADO DE 1/2" PARA AMBAS CARAS.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO.
DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES.
"SECADOR SOLAR TIPO INVERNADERO
PARA MADERA ASERRADA".



GRUPO AZTECA TEXCOCO.
ARQUITECTURA, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN.

1. CALAMAR 1000 10. COLONIA BENJAMIN FRANKLIN
P.O. BOX 1000 10. COLONIA BENJAMIN FRANKLIN
C.P. 40111 C. CAROLINA TEXCOCO TEXMEXCO

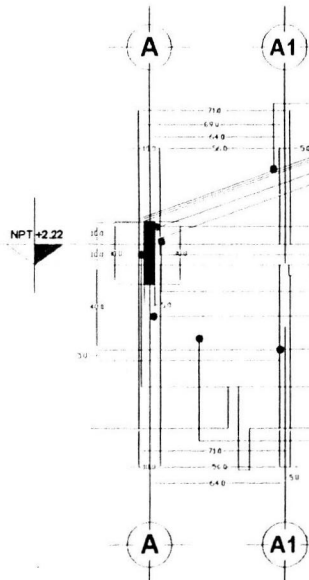
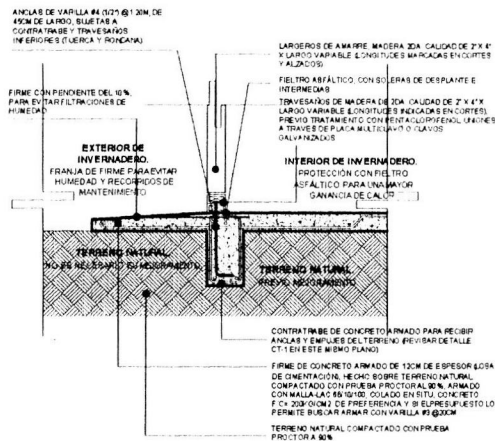
PROYECTO: SECADOR SOLAR TIPO INVERNADERO.		UNICIÓN: M. C. MARCO FLORES SALINAS	
DIRECCIÓN: INGENIERÍA AUTÓNOMA CHAPINGO, D.F.		ARQUITECTO: M. C. MARCO FLORES SALINAS	
CONSTRUCCIÓN: 1. CALAMAR 1000 10. COLONIA BENJAMIN FRANKLIN		CLAVE: A-08	
ESCALA GRÁFICA: 0 0.50 1 2			

ARQUITECTÓNICOS.

D1

DETALLES CONSTRUCTIVOS. **COLOCACIÓN Y ANCLAJE DE ESTRUCTURA DE MADERA A** **LOSA DE ORIENTACIÓN (FIRME DE CONCRETO).**

ESCALA: 1:20 (VERIFICAR SI SE TIENE EL TIPO DE LOSA DE MADERA A LA MANERA DE UN PISO)
UTILIZAR LA RESECCIÓN DE LAS PLACAS PARA LA COLOCACIÓN DE LOSA



DETALLES CONSTRUCTIVOS.

UNIÓN DE LARGUEROS (PIE DERECHO) CON TRAVESAJOS DE CERRAMIENTO LATERALES.

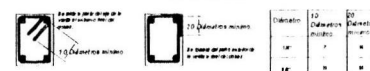
ESCALA: 1:20 (VERIFICAR SI SE TIENE EL TIPO DE LOSA DE MADERA A LA MANERA DE UN PISO)
UTILIZAR LA RESECCIÓN DE LAS PLACAS PARA LA COLOCACIÓN DE LOSA

NOTAS DE ARMADOS Y ANCLAJES:

A. LOS DETALLES DE ARMADOS NO ESPECIFICADOS SE AJUSTARÁN A LA SIGUIENTE TABLA.

TABLA DE ANCLAJES									
TIPO DE ANCLAJE	TIPO DE ANCLAJE	TIPO DE ANCLAJE	TIPO DE ANCLAJE	TIPO DE ANCLAJE	TIPO DE ANCLAJE	TIPO DE ANCLAJE	TIPO DE ANCLAJE	TIPO DE ANCLAJE	TIPO DE ANCLAJE
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

B. LAS LONGITUDES MÍNIMAS DE TRAVESAJE O ANCLAJE SE ENCONTRARÁN EN LA TABLA CORRESPONDIENTE.
C. EL REFUERZO LONGITUDINAL DE LAS TRABES PRINCIPALES SE PROLONGARÁ HASTA LA CARA ALLEJADA DE LA COLUMNA Y TENDRÁ UN DOBLEZ A 60° DESDE EL UNIFORME RECTO CON LAS CARACTERÍSTICAS MOSTRADAS EN LA FIGURA. ADEMÁS DEBERÁ TENER UNA CANTIDAD MÍNIMA DEL 10% DEL REFUERZO LONGITUDINAL DE LAS TRABES PRINCIPALES.
D. NO DEBERÁ TRAVESAJE MÁS DEL 50% DE REFUERZO CORRIDA EN UN TRAMO DE 40.00 METROS, BALVO INDICACIÓN DE LA DIRECCIÓN DE OBRA.
E. BALVO INDICACIÓN CONTRARIA TODA VARILLA DE BARRA ANCLADA EN SU EXTREMO EN COLUMNA LA LONGITUD DE ANCLAJE "L".
F. TODOS LOS ESTIBOS SE AJUSTARÁN A LA SIGUIENTE ALTERNATIVA:

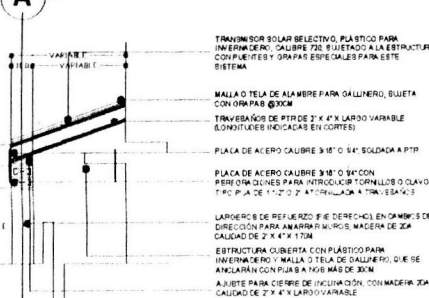


G. LA REPARACIÓN DE LOS ESTIBOS VERTICALES SE EMPEZARÁ A CONTAR A PARTIR DEL PISO DE APOYO, COLOCANDO EL PRIMERO A LA MITAD DE LA REPARACIÓN DE LA TRABA. LAS BARRAS LONGITUDINALES PUEDEN ADOPTARSE FORMANDO PAQUETES CON MÁXIMO DE DOS BARRAS CADA UNA EN COLUMNA Y DE TRES EN TRABES.
H. EN UNA MISMA RECCIÓN TRANSVERSAL NO DEBERÁN HABER CONJUNTOS DE DISPOSITIVOS MECÁNICOS MÁS DEL 30% DEL REFUERZO. LAS SECCIONES DE UNIÓN ESTARÁN ENTRE 80 NO MENOS DE 20.00 METROS.
I. LOS ESTIBOS DEBERÁN COLOCARSE ALTERNATIVAMENTE COMO LO MUESTRA LA SIGUIENTE FIGURA.

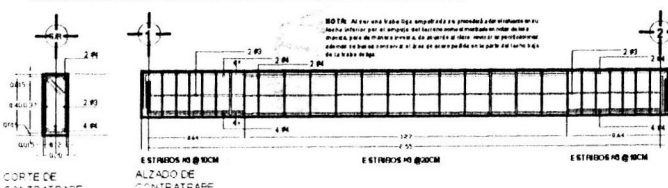


L. DE LA FORMA ANTERIOR EVITAR QUE TODOS LOS DACHOS QUEDEN DE UN MISMO LADO Y EVITAR EL DEBILITAMIENTO DE LA ESTRUCTURA.

A



CONTRATRABE TIPO CT-1. DESTINO, LIGA Y RECEPCIÓN DE CARGA. **MISMA CONTRATRABE PARA TODA LA ESTRUCTURA. PLANTA DE ORIENTACIÓN.**



DETALLE C2.

SIN ESCALA ESTABLECIDA
CAS TIPOLO CONCRETO ARMADO
TIPO C2.

DETALLE CD1.

SIN ESCALA ESTABLECIDA
CADENA DE DESPLANTE DE CONCRETO
ARMADO TIPO 1.

N/R

DETALLES CONSTRUCTIVOS.

NO REFERIDOS EN LA PROPIETA ORIGINAL.

ESCALA: 1:20 (VERIFICAR SI SE TIENE EL TIPO DE LOSA DE MADERA A LA MANERA DE UN PISO)
UTILIZAR LA RESECCIÓN DE LAS PLACAS PARA LA COLOCACIÓN DE LOSA

D3 Y D4.

DETALLES CONSTRUCTIVOS. **UNIÓN DE LARGUEROS CON TRAVESAJOS DE ESTRUCTURA METÁLICA PORTANTE DEL TRANSMISOR SELECTIVO.**

A



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPIÑO.
DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES.
"SECADOR SOLAR TIPO INVERNADERO PARA MADERA ASERRADA".

GRUPO AZTECA TEXCOCO.
ARQUITECTOS, INGENIEROS Y CONSTRUCTORES.
CALLE MATEO 15 COLONIA BELLAS ARTES CDMX 06700
TEL: 56 24 11 11 FAX: 56 24 11 11 CORREO ELECTRÓNICO: GAT@GAT-TEXCOCO.COM

PROYECTO:
SECADOR SOLAR TIPO INVERNADERO.

DIRECCIÓN: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPIÑO
CONSTRUIDOR: GRUPO AZTECA TEXCOCO

CLAVE:
A-10

ESCALA GRÁFICA:
0 0.50 1 2

ARQUITECTÓNICOS.

IMPRESA ANHER

IMPRESIONES & ENCUADERNACIONES

FRAY PEDRO DE GANTE No. 118-D
TEXCOCO, EDO. DE MEXICO