

300617

27
2ej



UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE INGENIERIA
INCORPORADA A LA (U.N.A.M.)

*PROYECTO DE UN HORNO
ESTUFADOR DE MADERA PARA
ASERRADEROS*

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A :
JORGE CARLOS MEDINA RODRIGUEZ

Director de Tesis: Fis. Ohannes Bulbulian Garabedian

MEXICO, D.F.

FALLA DE ORIGEN

1990



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

PROYECTO DE UN HORNO ESTUFADOR DE MADERA
PARA ASERRADEROS.

I N D I C E

I N T R O D U C C I O N

- CAPITULO I
EXPLOTACION Y GENERALIDADES DE LOS
RECURSOS FORESTALES EN MEXICO.
- CAPITULO II
CARACTERISTICAS GENERALES DE LA
MADERA.
- CAPITULO III
DIFERENTES FORMAS DEL SECADO DE LA
MADERA.
- CAPITULO IV
DISEÑO DE UN HORNO ESTUFADOR DE
MADERA.
- CAPITULO V ANALISIS ECONOMICO

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

INTRODUCCION

PRIMERA PARTE

CAPITULO I

Explotación y Generalidades de los Recursos forestales en México.

1:1.	Panorama Mundial.	3
1:2.	Explotación Maderable en México.	3

CAPITULO II

Características Generales de la Madera.

2:1.	Constitución de la Madera.	13
2:1:1.	Estructura Fina.	16
2:1:2.	Clasificación de las Maderas.	16
2:2.	Afinidad entre Madera y Humedad.	17
2:2:1.	Determinación del contenido de Humedad.	24
2:2:2.	Por qué se seca la madera.	26
2:3.	Como se seca la Madera.	28
2:3:1.	La velocidad del secado.	30
2:3:2.	Contracción de la Madera.	32
2:4.	Esfuerzos y deformaciones en la Madera.	33
2:4:1.	Endurecimiento superficial.	34
2:4:2.	Agrietamientos.	37
2:4:3.	Colapso.	37
2:4:4.	Apanalado.	38

CAPITULO III

Diferentes formas de secado de la Madera.

3:1.	Secado al aire Libre.	40
3:1:1.	Localización del Patio	40
3:1:2.	Los cimientos.	41
3:1:3.	Pilas de Madera.	41
3:2.	Secado en Estufa.	45
3:3.	Ventajas del estufado sobre el secamiento al aire.	46

SEGUNDA PARTE

CAPITULO IV

Diseño de un Horno estufador de Madera.

4:1.	Descripción General.	49
4:2.	Selección de la Caldera.	50
4:3.	Superficie de Radiación.	67
4:4.	Selección de los serpentines.	68
4:5.	Selección de los ventiladores.	70
4:6.	Sistema de control.	76
4:7.	Programación del Secado.	80
4:7:1.	Muestreo.	80
4:7:2.	Uso de las programaciones.	81
4:8.	Tablas para las programaciones.	83

CAPITULO V

Analisis Economico.

5:1.	Analisis por Partidas.	97
	Conclusión.	100
	Bibliografía.	103

I N T R O D U C C I O N .

Debido a la situación por la que esta pasando nuestro país, - es importantísimo tratar de economizar energía, así como también - el mayor aprovechamiento de la materia prima (En este caso la madera); por esto el proyecto del horno estufador de madera se llevará a cabo en el propio aserradero; dando así un proyecto de como son más eficientes y funcionales los aserraderos... evitando lo mayor posible el movimiento de la madera, claro esto teniendo su consecuente ahorro; ahora bien por otra parte se economiza en mucho el transporte de la materia prima a sus lugares de destino, debido a que la madera estufada pesa alrededor de un 50% menos que la madera verde (recien aserrada) además de que llega la madera lista para ser procesada y esto realmente es una gran ventaja.

El estudio que a continuación presentaré esta dividido en dos partes, por medio de las cuales será posible darse cuenta de la situación prevaleciente en la Industria Forestal de nuestro País.

En la primera parte encontraremos el panorama general de aprovechamiento en México haciendo una pequeña comparación con algunos países de América y Europa, en base a lo anterior nos podremos dar cuenta de la magnitud de esta Industria.

Por otra parte fue necesario hacer un estudio detenido de la constitución de la madera ya que solo en esta forma se pueden determinar los parámetros fundamentales para el diseño apropiado del horno estufador de madera:

La segunda parte la enfocaremos al diseño en sí del horno, --- así como de la selección de todos sus componentes, para poder calcular su costo y llegar a hacer un Analisis Economico.

Existen tres factores importantes que conjugados en colaboración mutua pueden mejorar y dar solución a este problema de explotación de los recursos maderables en México;

- 1).- Política Forestal.
- 2).- Capital.
- 3).- Técnicos Capacitados.

Obteniendo así todo el aprovechamiento Forestal sin el mas mínimo desperdicio.

Con una debida planeación, las mejoras en el nivel de vida y consecuentemente en la economía no se dejarán esperar. Es conveniente tambien y muy importante no perder de vista que el arbol es un fruto de la tierra como hay muchos y debe ser utilizado cuando esté en su madurez, ya que en caso contrario no reportará beneficio para nadie.

CAPITULO I

EXPLORACION Y GENERALIDADES EN MEXICO.

1-1 PANORAMA MUNDIAL.

Al iniciar este estudio daremos un pequeño vistazo a los datos estadísticos de algunos países de América Latina y Europa para poder determinar la situación actual de esta industria en nuestro País:

País	Superficie Forestal (Mill. de has.)	Prod. media anual (Mill. de m ³)
México	39.2	5.2
Rep. Fed. Alemana	7.0	24.5
Finlandia	22.0	44.0
España	16.0	12.5

	Superficie Coníferas (Mill. de has.)	Prod. media anual (Mill. de m ³)
México	20.0	3.3
Brasil	6.0	26.0
Argentina	0.3	0.2
Chile	1.5	1.5

Las cifras anteriormente presentadas son sumamente elocuentes, - analicémos brevemente esta industria en México.

1-2 PANORAMA NACIONAL.

La industria forestal actual se halla basada, en gran parte, en los aprovechamientos que se derivan de permisos ordinarios, pero no

tienen garantía de permanencia, lo que significa falta de seguridad en el abastecimiento de su materia prima. Ello ha frenado el crecimiento de esta actividad económica, que ha permanecido en niveles - muy inferiores a los requerimientos que exige el crecimiento demográfico, por un lado, desplazando parte de la demanda a otros productos sustitutos, y por otro, ha propiciado una estructura defectuosa que coloca a las diversas industrias en una situación de desventaja en el mercado, ya que uno de los principales factores que eleva considerablemente el costo del producto es el precio de la madera como materia prima. (Dentro de los países forestales, en México es donde la madera resulta más cara).

Al analizar a fondo este problema, que resulta fundamental para un desarrollo sano y equilibrado de la industria en cuestión, así - como para las regiones del país que cuentan con magníficos recursos naturales, cuyo aprovechamiento comercial ayudaría a aliviar en -- gran parte el nivel de vida de la población rural, se encuentra que esencialmente, se requiere conocer todos los factores limitantes - con que ha venido tropezando esta industria, para después situarla apropiadamente dentro del ámbito de la economía del país y así determinar la economía del país y así determinar la política a seguir la cual le permitirá cumplir con su aportación al desarrollo económico, especialmente, como se dijo antes, de aquellas regiones que - cuentan con bosques susceptibles de aprovechamiento comercial.

Dentro del orden de ideas expuesto, se señalan, en seguida, los principales problemas que afronta la industria forestal y algunas - de las conclusiones a que se puede llegar.

Quizá el mayor obstáculo que existe para el aprovechamiento forestal es el ambiente desfavorable dentro del cual ha tenido que ve nir operando esta industria y que se ha manifestado a travez del -- freno a la creación de nuevas Unidades Industriales de Explotación

Forestal desde el año de 1959. Incluso se han reducido los permisos por plazos mayores de un año y aún en éstos, los pasos de anualidad no son automáticos, sino que están sujetos a la autorización anual.

El 8 de Julio de 1965 se expidió el Plan Nacional Forestal, en el que se reconoce que sólo mediante la explotación económica y racional del bosque el recurso forestal se podrá conservar y renovar, lo que significa eliminar al máximo los desperdicios actuales por causas de operaciones ineficientes y disposiciones obsoletas.

Conforme a este Acuerdo Presidencial, a la industria forestal se le fijan obligaciones que ninguna otra rama industrial tiene y que inciden fuertemente en los costos. Concretamente, las contenidas en los incisos c, d, e, f, y h del artículo 3^o que son las siguientes:

- c).- Presentación de un plan permanente para el combate de incendios y protección contra plagas y enfermedades;
- d).- Proyecto de convenio para la instalación de viveros y servicios permanentes de reforestación, así como para la vigilancia de los bosques dados en concesión;
- e).- Programa de construcción y conservación de caminos y obras de acceso;
- f).- Programa de servicios sociales; construcción de escuelas, -clínicas, médicos y medicinas; preparación técnica, cursos elementales de administración rural a ejidatarios y pequeños propietarios; construcción de viviendas rurales; organización de clubes juveniles; mejoramiento del hogar rural y otras prestaciones de beneficio regional;
- h).- Programa de huertos familiares, talleres de artesanía, granjas forestales, pequeñas plantas avícolas, apícolas y porcícolas, a fin de crear fuentes adicionales de ingreso para ejidatarios y pequeños propietarios de bosques;

Las obligaciones señaladas requieren que la industria forestal lleve a cabo fuertes erogaciones previas a la etapa de iniciación de operaciones, independientemente de las inversiones en estudios, equipo e instalaciones, que sólo son recuperables a largo plazo.

La intencidad en el uso de los recursos forestales en México está limitada a lo previsto en la Ley Forestal y su Reglamento; pero esta legislación no ha contribuido realmente a la protección del recurso, ni ha fomentado la industrialización del mismo; en cambio sí ha originado, en buena medida, el mayor costo de la materia prima, ya que no es igual obtener un volumen del 50% de las existencias arboladas a extraer el 100%.

Los impuestos forestales también constituyen una limitación actualmente, pues están basados sobre volúmenes absolutos y desalientan el aprovechamiento íntegro del árbol porque gravan por igual a las partes selectas y a las de segunda calidad del árbol, lo que ocasiona que el permisionario sólo extraiga del bosque las selectas del árbol para trozas de aserrío y triplay.

Lo anterior fomenta el desperdicio del recurso, ya que si no se tiene una instalación industrial para el aprovechamiento de los residuos y subproductos, estos quedan en el bosque.

En lo concerniente a la industria, es conveniente asentar que ésta debe hacer serias reconsideraciones acerca de una mejor estructura, tomando en cuenta los factores de eficiencia y costos, pues aún cuando existen varias empresas bien organizadas, el conjunto acusa bajos rendimientos y costos elevados. Esto significa que es necesario determinar el tamaño óptimo de las empresas de acuerdo con el -

tipo de producción y los suministros de materias primas; conocer previamente cada uno de los elementos de los costos y su importancia relativa, a fin de poder determinar los procesos productivos y los equipos adecuados; y finalmente, discriminar los distintos tamaños y calidades de las trozas, en función de su mejor utilización y de los costos de extracción.

Existe también la necesidad de personal técnico capacitado, la modernización de plantas y equipos, pero fundamentalmente, existe la necesidad de tener políticas bien orientadas, armónicas y coordinadas al nivel nacional, que auspicien la expansión de la industria.

De acuerdo con las diversas publicaciones hechas por la FAO (Food and Agriculture Organization ONU), casi todos los países latinoamericanos que cuentan con bosques susceptibles de explotación comercial, han iniciado desde 1964 proyectos industriales de importancia, respaldados, en primer lugar, por los respectivos gobiernos, y en segundo por los consorcios internacionales, o por la FAO, para la tecnología y el financiamiento necesario.

En estas condiciones, la competencia a que tiene que enfrentarse la industria nacional es la de los grupos financieros internacionales que representan los intereses de terceros países, que además de tener el capital y la tecnología más avanzada, puede reducir sus precios al máximo para conquistar los mercados que le interesan.

Aun cuando no se desconoce que en general han habido ciertos beneficios derivados del tratado de Montevideo a través de las negociaciones celebradas hasta la fecha para nuestro país, se considera que en el caso de la Industria forestal, existiendo los recursos naturales y humanos necesarios, el resultado sería totalmente adverso.

Además, es necesario tener presente que algunos países sudamericanos tienen mejores condiciones naturales, para el desarrollo y -- aprovechamiento de sus bosques que México, y que hay grandes dife-- rencias entre las legislaciones de dichos países sobre la propiedad de la tierra, las prestaciones sociales y el régimen de inversiones extranjeras, diferencias que colocan a México en franca desventaja.

La supresión de las protecciones a la industria forestal que per-- miten el aprovechamiento integral del bosque, significa la destruc-- ción de los bosques de México en beneficio de las forestas de otros países y las desgravaciones concedidas, constituyen un freno al de-- sarrollo de nuestra industria silvícola en favor de la economía de otros países.

Finalmente se desea agregar que en vista de la situación políti-- ca, social y económica de la mayoría de los países de la ALALC (Aso-- ciación Latino Americana de Libre Comercio), el mercado de México - resulta bastante atractivo; en cambio, para nuestro país, significa tener que competir con precios elevados, más costos de transporta-- ción, y el control de cambios que mantienen esas naciones, para lle-- gar mercados que, por las cortas distancias entre los países, tien-- den a una mayor integración entre sí.

Finalmente para concluir con este capítulo quisiera dejar algu-- nas observaciones fundamentales:

1a.- No se están aprovechando debidamente las zonas arboladas sus-- ceptibles de explotación comercial. De 32.2 millones de m³ rollo - aprovechables, sólo se obtuvieron 9.2 millones de m³ rollo en 1987 que ha sido el más alto en los últimos 5 años, es decir el 28.5 % - del total.

2a.- Las superficies sujetas a un aprovechamiento basado en programas de trabajo y técnicas más avanzadas en la extracción de madera, corresponden a aquellas concesionadas a las Unidades Industriales de Explotación Forestal; sin embargo, éstas sólo representan el 29.4 % del total del área aprovechable concesionada y el 4.73 % de la superficie aprovechable.

3a.- En 1985 se autorizaron 2628 permisos ordinarios con un volumen total de 18.2 millones de m³ rollo, y 1330 permisos únicos para desmontar con fines agropecuarios, con un volumen de cerca de 4/4 - millones de m³ rollo; es decir casi el 22 % de lo autorizado a la industria.

Del volumen autorizado en los aprovechamientos por desmonte, la parte es para las hojosas de clima templado y tropical que como se menciona en el cuadro que compara la capacidad aprovechable de los bosques y los volúmenes autorizados y ejercidos en 1981, sólo se -- ejerció el 29.5 %. Esto puede indicar que la madera obtenida de ta les desmontes no fué aprovechada para su industrialización.

4a.- El volumen autorizado en los permisos de aprovechamiento -- único para "Hojosas de clima templado y tropical" es un poco más -- del doble que el correspondiente a los permisos ordinarios para las mismas especies, lo que parece indicar que hay una sustitución del bosque por la agricultura.

5a.- La tasa de incremento de la producción forestal maderable es de casi 8.3 % en promedio para los años de 1980-1986, lo que explica su baja participación en el Producto Nacional Bruto.

6a.- De la producción forestal maderable, la madera aserrada sig

nifica el 57.8 % en promedio; y dentro de este subgrupo, las tablas y tablones representan el 75 %, lo que parece indicar una dependencia muy estrecha con la industria de la construcción y por lo tanto ser muy sensible a los cambios que esta presente.

7a.- La participación de la madera en la obtención de la celulosa es descendente; ello no implica un mejor aprovechamiento del árbol, ya que quedan volúmenes abandonados en el bosque. Esto obedece a que resulta más barato obtener celulosa de los desechos de papel y trapo, que del aprovechamiento de los residuos de la madera, en función de los impuestos y del transporte.

8a.- La sustitución de la madera aserrada por tableros de madera en sus usos tradicionales se considera prematura, en virtud de que México cuenta con volúmenes significativos de grandes dimensiones - que son adecuados para la obtención de productos aserrados, los cuales representan un mayor volumen económico del árbol, y tienen una demanda insatisfecha que en razón del precio tiende a desplazarse a productos sustitutos de la madera.

9a.- La industria de los tableros de madera acusa un aprovechamiento muy bajo de la capacidad instalada, el 64 % en promedio para las tres clases: triplay, aglomerados y de fibra. Esto se refleja en los costos y por ende en los precios.

10.- El consumo per-cápita de madera aserrada en México es menor que en la mayoría de los países latinoamericanos, acusa una tendencia descendente en los últimos años a pesar de contar con abundantes recursos forestales y una alta tasa de crecimiento de la población.

11a.- El consumo de los tableros de madera ha tenido un aumento considerable, en los últimos 17 años, pues de (80,000 m³) en 1969, asciende a 383,000 m³ en (1986). Este aumento tiende a continuar - en vista de que la industria se encuentra en expansión y sustituye a la madera aserrada en las industrias de la construcción y mueblera.

12a.- El consumo de los productos celulósicos ha mantenido un crecimiento constante en los años considerados, el cual ha sido paralelo al desarrollo económico y al aumento del nivel de ingresos.

13a.- Dentro del comercio exterior total, los productos forestales representan solamente el 1.9 %; las importaciones el 3.1 % y - las exportaciones el 0.4 %. El saldo comercial además de ser definitivamente deficitario, señala una tendencia ascendente debido a - disminuciones de exportaciones y el aumento progresivo de las importaciones.

El promedio de los tres últimos años muestra que el 85 % de nuestras importaciones se refiere a productos celulósicos, o sea pulpa de madera, papel cartón y sus manufacturas.

14a.- Es marcada la dependencia de nuestro comercio con los Estados Unidos, pues el 60 % de nuestras importaciones ordinarias proviene de dicho país y el 82 % de nuestras exportaciones van a los Estados Unidos.

15.- Por lo que se refiere al comercio de los países de la ALALC, Argentina es importador neto de cada uno de los grupos de productos analizados, convirtiéndose por tanto en el principal importador de la zona (36 % del total). México es el segundo país importador de la zona (15 % del total), por sus fuertes compras de pulpa y sus de

rivados. Venezuela ocupa el tercer lugar como importador (14 %), - también por sus importaciones de pulpa y sus derivados.

16a.- El principal país exportador de la zona, fue Brasil (63 %), fundamentalmente por sus ventas de manufacturas de madera; Chile es el segundo país exportador (14 %) por sus ventas de pulpa y derivados, y manufacturas de madera; y Ecuador es el tercero por su comercio de manufacturas de madera.

Respecto a los saldos totales, solamente Chile y Perú obtuvieron resultados positivos.

17a.- De los países con saldo negativo, el más importante fue Argentina seguido por Venezuela, México, Colombia, y Paraguay.

Por último si se comparan las corrientes de comercio efectuadas en cada país, o sea las sumas de sus importaciones, y sus exportaciones, destacan Argentina, Brasil, y México. Sin embargo, gran parte de este comercio se efectúa fuera de la zona, por ejemplo, se estima que solamente el 40 % del comercio de Argentina es intrazonal, de Brasil el 55 % y de México se sabe que sólo es el 10 %.

18a.- La industria forestal carece de fuentes de financiamiento adecuado y obedece fundamentalmente a la poca seguridad de permanencia que ofrecen los permisos de aprovechamientos forestales.

19a.- La futura demanda de productos forestales para los años de 1990 y 2000 ofrece buenas perspectivas para la industria nacional, pero será necesario que tenga todo el apoyo oficial para su correcto desarrollo el que le permitirá participar en los mercados nacionales e internacionales.

CAPITULO II

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA MADERA

CONSTITUCION DE LA MADERA

En la figura 2:1 que a continuación se presenta es de una sección de árbol adulto de encino rojo. Describiremos brevemente sus diversos elementos y zonas:

Las dos cortezas y el cambium no tienen ninguna influencia sobre el secamiento, a menos que se haya dejado la corteza exterior intacta, en cuyo caso, obra como retardante.

- A) Cambium.- Es una capa delgada de tejido unicelular que continuamente forma nueva madera y corteza. Vive y crece durante la vida del árbol y si se le daña, la parte dañada muere.
- B) Corteza Interior.- Sirve como tejido conductor y distribuidor de la alimentación del árbol.
- C) Corteza Exterior.- Sirve para proteger el árbol contra peligros exteriores y dada su constitución, actúa también como aislante contra la evaporación de agua.
- D) Albura.- La parte, generalmente de color rojo, compuesta por células fisiológicamente activas y vivas, aunque su contenido de humedad es mayor que el del duramen, seca más rápidamente que éste.
- E) Duramen.- Ciertos cambios físicos y estructurales durante la vida del árbol, convierten la albura en duramen al morir las células de aquella.

CONSTITUCION DE LA MADERA

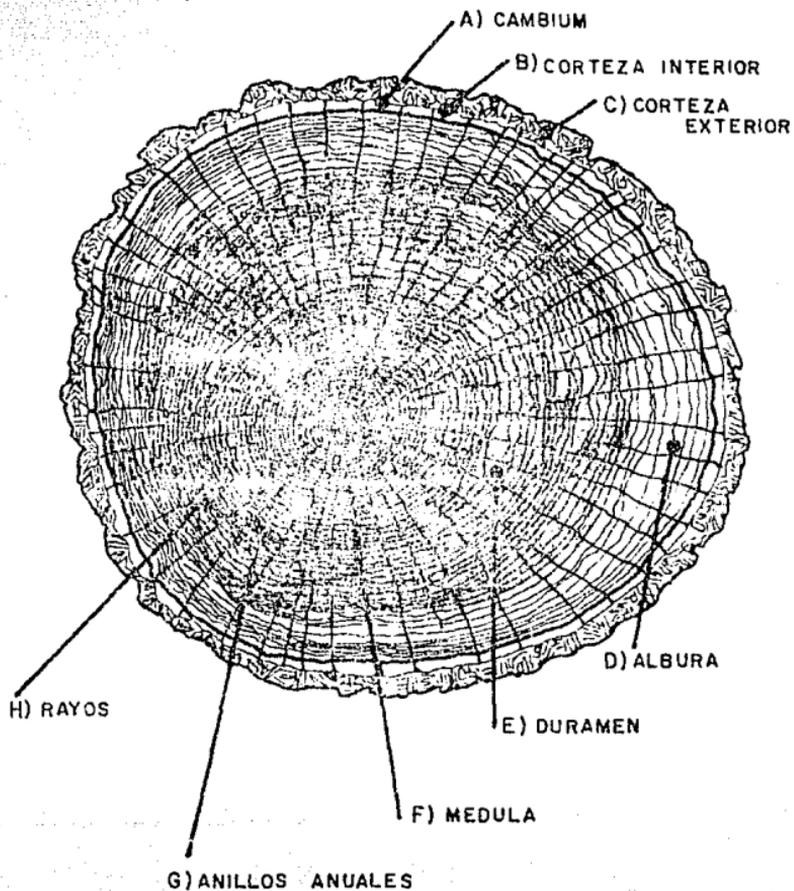


FIG. 2-1

El duramen es la parte que sostiene al árbol, de color más oscuro y su secamiento es más tardío. En el estufado, requiere condiciones benignas de temperatura y humedad al principio para no dañarlo. Vulgarmente se le llama madera de corazón.

- F) **Médula.**- Es una prisma de poco diámetro y diversas formas de tejido muerto en el centro del árbol. Es lo primero que se descompone en el árbol maduro y en algunas especies como el encino, desaparece totalmente dejando un hueco. La madera inmediatamente cercana a la médula es casi imposible de secar sin defectos.
- G) **Anillos Anuales.**- Son todas las capas concéntricas que se forman en el árbol cada año en los climas templados o en cada estación de crecimiento en otros climas. En los tropicales, el crecimiento es casi continuo, por lo que se dificulta su distinción. La parte interior del anillo que se forma primeramente se llama madera de primavera y la formada más tarde madera de verano, por coincidir aproximadamente su formación con esas estaciones del año. Los anillos más cercanos a la médula tienen mayor curvatura y la madera en esta zona tiende a alabearse más que en las otras al secarse.
- H) **Rayos.**- Son láminas longitudinales formadas por células que parten del centro o médula radialmente, cortando los anillos en ángulo recto. Sirven para alimentar el árbol horizontalmente. Constituyen el elemento más débil en el árbol y por esta razón de ahí parten las rajaduras en la madera durante el secamiento.

2-1-1 ESTRUCTURA FINA

La estructura de la madera es celular y las células están formadas por cavidades y las paredes que las envuelven, semejantes a las de un panal de abejas, aunque mucho más pequeñas e irregulares. Muchas de estas células son relativamente largas para su diámetro y por esta razón se llaman fibras. Constituyen la mayor parte del volumen del árbol y son las que le dan su resistencia, extendiéndose verticalmente desde la base. Están cerradas en sus extremidades y casi no dejan hueco entre sí.

En algunas clases de árboles existen también, salteadas y entrelazadas con las fibras, otras células más grandes, pero cortas y con sus extremidades abiertas, que a manera de ductos, sirven para conducir la savia y se llaman vasos o poros, las cuales en sección transversal se llaman siempre poros.

En otras clases de árboles no existen vasos y entonces las fibras (traqueidas) sirven para conducir la savia elaborada.

2-1-2 CLASIFICACION DE LAS MADERAS

Las maderas se clasifican en dos grandes clases botánicas, conociéndose además cada una de ellas por varios nombres como sigue:

Angiospermas (semilla dentro del ovario)

Estructura anatómica: porosa (con vasos)

Forma de hoja: ancha y plana (hojosas)

Según su dureza: duras

Ejemplo: Maple, encino, nogal, caoba, balsa.

Ginospermas (semilla al descubierto)

Estructura anatómica: No porosas (sin vasos)

Forma de hoja: Puntigrada o escamosa (coníferas)

Según su dureza: suaves

Ejemplo: Sabino, cedro, abeto y todos los pinos.

Desde luego debe notarse que los términos porosas y no porosas no son muy apropiados, pues suelen confundirse con la porosidad de la madera, en el sentido de permeable o impermeable a los líquidos o gases. El duramen del encino blanco, clasificado como madera porosa es casi impermeable, mientras que la albura del pino blanco, clasificado entre las porosas es sumamente permeable. Se prefiere la división de con vasos y sin vasos.

Tampoco la división de maderas duras y suaves es correcta, porque hay maderas como el tilo, la balsa, etc., identificadas como maderas duras que son muy suaves y otras como el pino amarillo, clasificadas entre las maderas suaves, que son relativamente duras.

2-2 AFINIDAD ENTRE MADERA Y HUMEDAD

La madera, tal como existe en el árbol vivo, contiene una cantidad considerable de humedad. Esta humedad, a la que con frecuencia se le llama "savia", es necesaria para la vida y el crecimiento del árbol. Es la conductora de los alimentos para la planta, obtenidos del suelo por medio de las raíces. En esta calidad ella transporta el alimento a la parte viva del árbol. La humedad se pierde por transpiración y continuamente es reemplazada del suelo. Es normal que la madera de un árbol verde sea muy húmeda.

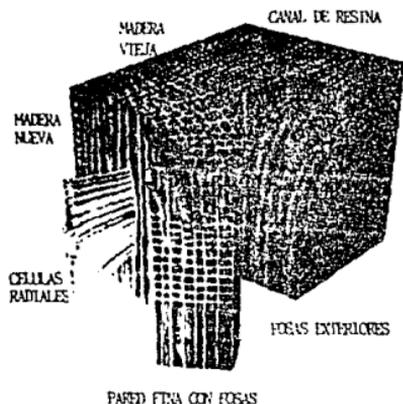
En la mayoría de las especies, la albura tiene mucho más humedad que el duramen. Esto es cierto particularmente para las maderas suaves en las cuales la humedad de la albura en estado verde generalmente representa de la mitad a las dos terceras partes del peso en verde. La humedad del duramen en estado verde de las especies de madera suave, constituye de un cuarto a la mitad del peso en verde. La diferencia del contenido de humedad en estado verde entre la albura y el duramen, generalmente es mucho menor en las maderas duras; la albura normalmente consta de más o menos 33% a 60% de humedad por peso y el duramen contiene del 25% al 60%.

Cuando un árbol se corta y se vuelve madera aserrada, la madera inmediatamente empieza a perder humedad. Este proceso de disminución de humedad es probable que sea muy casual e impredecible, a menos que se le controle de alguna manera. Un aspecto importante del proceso de elaboración de la madera aserrada, es el controlar y generalmente acelerar el secado de la madera verde para someterse a tratamiento industrial.

Para comprender completamente el proceso para secar la madera aserrada, se requiere el conocimiento de las formas en las cuales la humedad existe en la madera y los mecanismos por los cuales ésta pierde humedad. Algo del agua que se encuentra en la madera verde está contenida en las cavidades celulares. Esta agua generalmente se le llama agua libre. La célula simplemente sirve como un recipiente para esta agua (ver fig. 2:2 y 2:3).

Además del agua libre que hay en la cavidad celular, la madera también contiene agua en la pared celular.

" CORTE TRANSVERSAL "

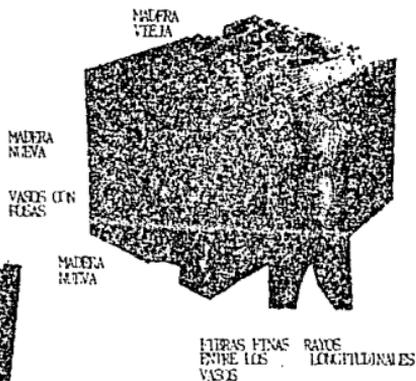


REFERENCIA DE LAS SUPERFICIES

ESTAS REFERENCIAS SU POSICION ESTA ORIENTADA HACIA LAS CELULAS DE LA MADERA, QUE SE VEN DE FRENTE. EL CORTE TRANSVERSAL TANGENCIAS Y RADIAL, SE ENCUENTRAN PERPENDICULARES DE UNA SUPERFICIE A LAS OTRAS.

PARED FIBRA CON FOSAS

" CORTE TANGENCIAL "



" CORTE RADIAL "

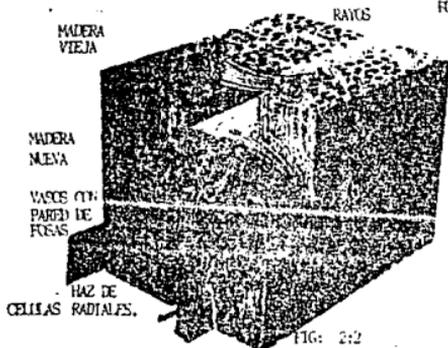


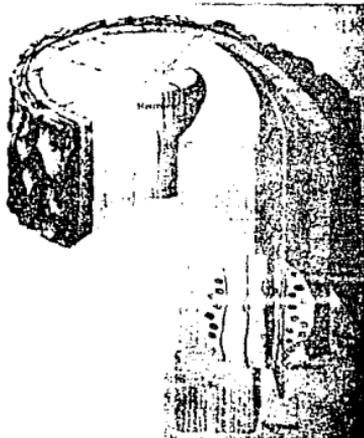
FIG: 2:2

ANATOMIA DE
LA HOJA



LA HOJA TIENE UNA CAPA PRO-
TECTORA LLAMADA CUTICULA Y
DENTRO ENCONTRAMOS LA EPIDER-
MIS, ESTA CONTIENE LA CLORO-
FILA NECESARIA PARA LA FOTO-
SINTESIS.

ANATOMIA DEL
TRONCO



BASICAMENTE LOS TRES CRECIMIE-
TOS DEL TRONCO ESTA DADO POR LA
CAPA DE CELULAS LLAMADAS CAMBIUM
ESTA PRODUCE LA ALBURA DENTRO DE
LA CORTEZA INADICION EL CRECIMIE-
TO DEL TRONCO.

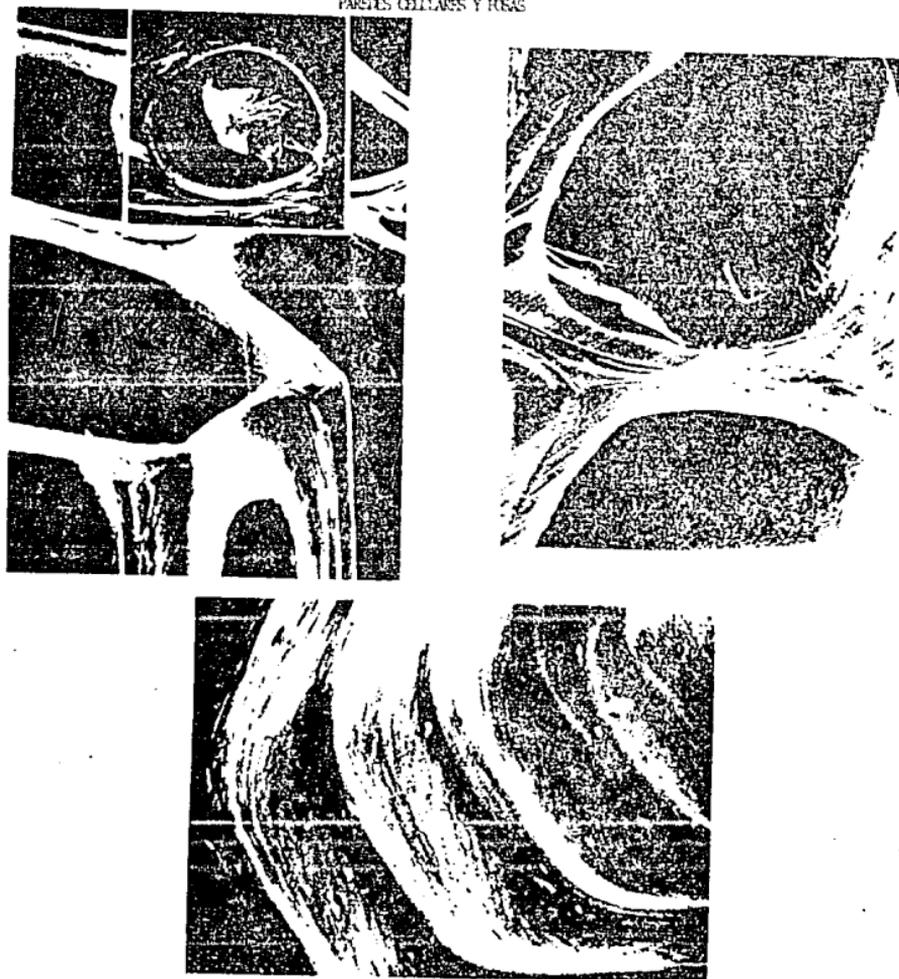
ANATOMIA DE
LA RAZ



LOS PEQUEÑOS CABELLOS DE LA RAZ
SE EXTIENDEN EN EL TERRENO TOMAN-
DO ASI LA HUMEDAD, LAS SALES MINE-
RALES Y NUTRIENTES POR MEDIO DE LA
OSMOSIS. LA SOLUCION ENTRA POR LOS
VASOS LLAMADOS XYLEM Y ES DISTRI-
BUIDA A TRAVES DEL ABEOLA.

FIG. 2:2-A

PARETES CELULARES Y FOSAS



ESTAS MICROFOTOGRAFÍAS NOS MUESTRAN FOSAS ABIERTAS EN LAS PAREDES CELULARES Y LAS CAVAS DE LAS FOSAS DONDE LAS CELLAS ESTAN CORTADAS TANGENCIALMENTE.

FIG. 2:3

DIFERENTES FORMAS DE SECCIONAR LAS TRONCAS PARA SACAR LAS DIFERENTES TABLAS Y APROVECHAR TODA LA MADERA.

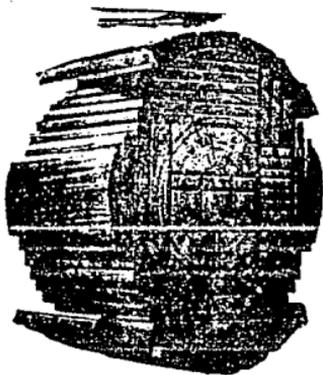
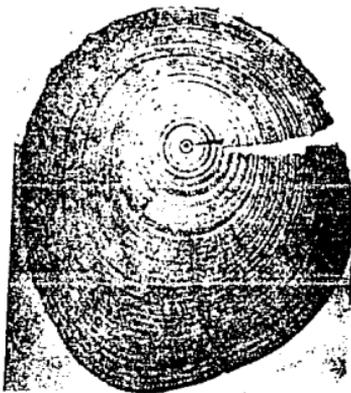


FIG. 2:3 - A

Esta agua rodea las partículas y filamentos de la substancia de la pared celular y llena las aberturas muy diminutas que existen entre estos componentes de la pared celular. El agua que es contenida en la pared celular se conoce como agua límite. El agua límite es retenida por la madera en una relación mucho más estrecha que el agua libre. Algo del agua límite está ligada a las moléculas de la celulosa, por ligazones de valencia secundaria.

Otra agua límite es retenida en las finas aberturas que existen en la pared celular entre las moléculas de la celulosa, por medio de las fuerzas de capilaridad. El agua límite es muy importante al hacer cualquier consideración sobre la utilización de la madera. Debido a la magnitud de las fuerzas físicas que retienen el agua límite, evidentemente que es mucho más difícil separar de la madera su agua límite que su agua libre. Por esta razón el agua libre deja siempre primero la madera que el agua límite. De hecho, el agua límite no puede ser eliminada de una célula, sino hasta que se ha ido el agua libre de la cavidad celular.

La condición que existe en una célula cuando su cavidad no contiene agua libre y su pared está saturada con agua límite, se conoce como punto de saturación de la fibra. Los cambios en el contenido de humedad en la madera arriba del punto de SATURACION de la fibra, no tienen efecto sobre su resistencia. Sin embargo, existe una relación directa entre el contenido de humedad y la resistencia abajo del punto de saturación de la fibra. Arriba de este punto, los cambios en el contenido de humedad, no afectan las dimensiones del trozo de madera.

Abajo del punto de saturación de la fibra, un cambio en el contenido de humedad traerá como resultado un cambio en las dimensiones. La mayoría de las propiedades físicas y mecánicas de la madera están influenciadas por el agua libre, mientras que el agua libre no tiene efectos importantes sobre las propiedades de la madera, con la sola excepción del colapso.

2-2-1 DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Es costumbre expresar el contenido de humedad de la madera como un porcentaje de su peso seco al horno. Decir que una pieza de madera tiene un contenido de humedad del 10%, significa que el peso del agua en esa pieza es igual al 10% del peso seco al horno de esa misma pieza. La fórmula para determinar el contenido de humedad de una muestra de madera es:

$$M = \left(\frac{W - D}{D} \right) 100$$

Donde M = Contenido de humedad como un porcentaje del peso seco al aire.

W = Peso de la muestra al momento de la prueba.

D = Peso de la madera secada al horno.

El procedimiento estándar para determinar el contenido de humedad de una pieza de madera aserrada es como sigue:

1. Corte una muestra de un ejemplar de madera aserrada.
2. Pese la muestra para obtener su peso inicial W.
3. Coloque la muestra en un horno mantenido a una temperatura constante de más o menos 100 ° C.

4. Permita a la muestra que permanezca en el horno hasta que alcance un peso constante.
5. Saque la muestra del horno y pésela para obtener el peso seco D.
6. Calcule el contenido de humedad, utilizando la fórmula que se acaba de proporcionar.

Algunas veces es necesario determinar el contenido de humedad de una pieza de madera, cuando no es práctico sacar una muestra para una prueba en el horno es excesivo.

Bajo estas circunstancias, el contenido de humedad se puede obtener por medio de un medidor eléctrico de humedad. Estos medidores de humedad están basados sobre las relaciones conocidas entre las propiedades eléctricas de la madera y su contenido de humedad. Los medidores eléctricos de humedad se clasifican de acuerdo con la propiedad eléctrica que ellos miden: resistencia eléctrica, potencial eléctrico y factor energía.

La madera secada al horno es muy mala conductora de la electricidad; de hecho, puede funcionar como un aislante mientras permanezca seca. Sin embargo, a medida que el contenido de humedad aumenta, la madera proporciona menos resistencia al paso de una corriente eléctrica. Esta relación entre el contenido de humedad de la madera y su resistencia eléctrica dan la base para la construcción y el contenido de humedad abajo del punto de saturación de la fibra, tienen un efecto mucho mayor sobre la resistencia de la madera, que los cambios arriba de ese punto.

El medidor de resistencia se utiliza normalmente en variaciones del contenido de humedad de 7 a 25%. Los medidores de humedad por resistencia, generalmente están equipados con electrodos y el medidor indicará el más alto contenido de humedad que existe dentro de la madera que está entre los electrodos, en vez del contenido de humedad promedio. Algunos medidores del tipo resistencia están equipados con electrodos de placa, en vez de electrodos de aguja.

Las propiedades dieléctricas de una pieza de madera cuando se coloca entre las placas de un condensador, varían de acuerdo con la cantidad de agua que hay en la madera. Este hecho hace posible determinar el contenido de humedad, midiendo las propiedades de este tipo más comúnmente usados, aplican una corriente alterna de alta frecuencia a las placas de un condensador, el cual es parte del instrumento, con la muestra de madera que se ha de probar, sirviendo como dieléctrico. La pérdida de energía se indica en un galvanómetro.

Puesto que el medidor de pérdida de energía mide la cantidad real de agua que hay entre las placas del electrodo, puede indicar directamente el contenido de humedad sólo si se considera el peso específico. Generalmente no es práctico medir el peso específico de una muestra de madera. En vez de ello, los medidores de pérdida de energía, normalmente están equipados con tablas de calibración para cada una de las especies comunes de madera, basadas en los valores promedio de los pesos específicos para estas especies.

2-2-2 POR QUE SE SECA LA MADERA

Como se ha anotado anteriormente, la condición normal para la madera en el árbol vivo, es de un alto contenido de humedad. Por otra parte, la madera en uso debe estar casi invariablemente a un contenido de humedad bajo.

Entre las diversas razones para secar la madera, las siguientes son las más importantes:

1. El secado de la madera aserrada reduce muy sustancialmente su peso y por lo tanto también su costo de embarque. No es poco común sacar la madera aserrada al aire, a lo que algunas veces se le llama "Secar para embarque". Este es un contenido de humedad que varía del 20 al 50% y el objeto de este secado es puramente el de reducir el peso de embarque.
2. Existe una relación directa entre la resistencia de la madera y su contenido de humedad abajo del punto de saturación de la fibra. La mayoría de las propiedades de resistencia mejoran a medida que se reduce el contenido de humedad. Uno de los mejores objetos del secado de la madera aserrada es el de obtener un mejoramiento de sus propiedades mecánicas.
3. Los cambios de contenido de humedad abajo del punto de saturación de la fibra, traen como consecuencia cambios en sus dimensiones. Cuando el contenido de humedad aumenta, causa dilatación y cuando disminuye da por resultado una contracción. Si se han de reducir al mínimo los cambios de dimensión de la madera cuando está en uso, se le debe secar lo más cerca posible al contenido de humedad que tendrá cuando esté en uso.
4. Los organismos que ocasionan la pudrición y mancha, normalmente no viven en la madera aserrada que tiene un contenido de humedad abajo del 20%. Más aún, ellos generalmente no sobreviven a temperaturas que excedan los 120° F. Reduciendo el contenido de humedad de la madera aserrada a menos de 20%, se prevendrá la iniciación de la pudrición y el manchado.

Si el secado se realiza en una estufa, la temperatura usada probablemente esterilizará a la madera que ya estuviese infectada con hongos de la pudrición y el manchado.

5. Las maderas que se han de engomar, generalmente deben secarse a un punto bastante abajo del punto de saturación de la fibra, si la ensambladura de engomado resultante ha de tener resistencia adecuada y ser bastante durable.
6. Las maderas que se han de tratar con preservativos, generalmente deben estar secas, si se ha de lograr la penetración apropiada de los mismos.

2-3 COMO SE SECA LA MADERA

El secado de la madera incluye dos operaciones básicas: El movimiento de la humedad a la superficie de la madera, y la evaporación de la superficie. La evaporación la cual es la conversión de un líquido a vapor, se presenta en la superficie del líquido cuando las moléculas del líquido con movimiento más rápido se sobrepone a la atracción cohesiva de las otras moléculas y se escapan a la atmósfera. El agua contenida en un recipiente abierto o en una superficie abierta, se evaporará hasta que el recipiente o la superficie están secos o - hasta que se presenta una presión parcial de vapor debido a la presencia del - vapor de agua, la cual es igual a la presión del vapor saturado del agua. Cuando el agua está sobre una superficie expuesta, tal como la superficie exterior de una pieza de madera y si el aire encima de la superficie está circulando y no se le permite que se estanque, la condición de un vapor saturado no ocurrirá. Así la evaporación continúa hasta que el agua se ha ido. Cuando más elevada sea la temperatura, mayor será la presión del vapor del agua y se efectúa una evaporación más rápida.

El agua que existe en la pared celular es retenida por fuerzas que son mayores que las fuerzas de cohesión de las moléculas de agua. Las ligaduras de valencia secundaria, que unen las moléculas de agua a las moléculas de celulosa y las fuerzas de atracción capilar que detiene el agua en las diminutas aberturas de la pared celular, actúan para reducir la presión del vapor de esta agua. El grado al cual la presión del agua en la pared de la célula disminuye, depende del tamaño de la abertura de la pared celular en que está contenida el agua. Para cualquier condición dada de condiciones atmosféricas, dentro de la variación comúnmente encontrada en el secado de la madera aserrada, cierta cantidad de agua será contenida en cavidades tan pequeñas, que su reducida presión de vapor será igual o menor que la presión relativa del vapor de la atmósfera. Esta agua no se evaporará mientras que las condiciones atmosféricas no cambien; esto es, la presión relativa del vapor de la atmósfera no se reduce y la temperatura permanece constante.

El contenido de humedad que representa el agua de la madera que está en las pequeñas aberturas y que tiene una presión de vapor menor que la presión relativa del vapor de la atmósfera circundante, se le conoce como contenido de humedad en equilibrio, por lo tanto, es el contenido de humedad en equilibrio, la humedad que una pieza de madera asumirá cuando permanece en una atmósfera con una presión relativa de vapor dada o una humedad relativa y una temperatura dada. El contenido de humedad en equilibrio varía con la temperatura y con la humedad relativa. También dependerá en cierto grado de que la humedad esté siendo absorbida o expulsada.

Las curvas de absorción y de desorción del contenido de humedad en equilibrio trazadas con base en la presión relativa del vapor, forman una pendiente de histéresis por las curvas separadas por unos cuantos puntos de por ciento en el punto de mayor diferencia.

Cuando la madera en verde se empieza a secar, las fibras de la superficie rápidamente alcanzan el contenido de humedad en equilibrio. Puesto que el interior de la madera está aún con un elevado contenido de humedad entre el interior y el exterior de la madera. La humedad aflora a la superficie desde el interior húmedo y entonces se evapora. La velocidad a la cual se seca una pieza de madera, depende principalmente de la velocidad de difusión de la humedad desde el interior al exterior de la pieza.

El agua se puede difundir a través de la madera, tanto en forma de vapor como en forma de líquido. Normalmente se mueve por las cavidades celulares en forma de vapor y se puede movilizar de célula a célula por aberturas grandes conocidas como puntuaciones en forma de vapor que pueda pasar por las finas aberturas que existen en la pared celular. Las fuerzas de absorción y capilaridad son tan grandes que el agua se condensa en la pared de la célula. El agua evaporada del lado seco de la pared celular se repone por difusión de agua líquida, a través de las finas aberturas de la pared de la célula del lado húmedo.

2-3-1 LA VELOCIDAD DEL SECADO

La velocidad del secado de la madera aserrada depende de varios factores:

- Temperatura.- Si la humedad relativa se mantiene constante, cuanto más elevada sea la temperatura, más elevada será la velocidad del secado.

- **Humedad Relativa.-** Donde la temperatura se mantiene constante, las bajas humedades relativas proporcionan velocidades elevadas de secado.
- **Circulación de Aire.-** Para mantener la velocidad de secado más alta para una temperatura y humedad relativa dadas, es necesario tener suficiente circulación del aire en las superficies de la madera aserrada para que se lleve el aire húmedo y fresco y lo reponga con aire más tibio.
- **Especies.-** Algunas especies se secan más rápido que otras. Las maderas suaves generalmente se secan con mayor rapidez que las maderas duras.
- **Tipo de Madera.-** Generalmente es cierto que la albura exhibirá una velocidad más alta de secado que el duramen.

Contenido Inicial de Humedad.- La cantidad de humedad contenida en una madera verde afectará el período de tiempo requerido para llevarla a un contenido de humedad dado. Esto frecuentemente se confunde con la velocidad de secado. En muchas especies maderables la albura tardará más tiempo en secar que el duramen, aún cuando exhiba una velocidad de secado más rápida, debido sencillamente a que contiene mucho más agua al empezar.

Esta condición es generalmente cierta en las maderas suaves. Por otra parte, con las maderas duras la diferencia en el contenido de humedad entre el duramen y la albura, generalmente es mucho menor y de acuerdo con ello, la albura que es de secamiento más rápido, se puede secar en un tiempo más corto en relación a la madera de duramen cuyo secamiento es más lento.

- Dirección del Hilo.- La madera se seca mucho más rápido en dirección longitudinal que en las direcciones transversales.
- Grueso.- La madera gruesa requiere más tiempo para llegar a un contenido de humedad dado bajo las mismas condiciones atmosféricas en comparación con la madera delgada. La velocidad de secado no es proporcional al grueso. Una tabla de dos pulgadas requiere más de doble tiempo de secado, que una tabla similar de una pulgada.

2-3-2 CONTRACCION DE LA MADERA

Los cambios en el contenido de agua libre en la madera, no tienen efecto sobre las dimensiones. Esto es así debido a que el agua libre es retenida en la cavidad de la célula, sin embargo el agua límite se encuentra en la pared de la célula, entre las partículas finas que constituyen la pared celular matriz. Cuando el agua se encuentra presente en estas diminutas aberturas, evita que las partículas de la pared de la célula se junten. Cuando el agua se pierde, las partículas se juntan unas con otras y la madera se contrae. Este proceso es reversible o sea que humedeciendo la madera ésta se hincha. El contenido de humedad al punto de saturación de la fibra varía entre las distintas especies, pero generalmente se encuentra con variaciones entre 24% y 27%. Los cambios en el contenido de humedad abajo de este punto resultan en cambios dimensionales de la madera.

El hinchamiento y contracción de la madera, no son iguales en todas las direcciones. Las moléculas de celulosa en las paredes están dispuestas en cadenas largas llamadas cristaloides. Estos cristaloides están agrupados juntos en grandes filamentos conocidos como fibrilas, que están dispuestas en forma espiral para formar la pared celular y que se encuentran paralelas al eje longitudinal de las células.

Esto ocasiona que cuando el agua penetra los espacios existentes entre las partículas las separa agrandándolas transversalmente pero prácticamente casi nada longitudinalmente. El hinchamiento y la contracción son de dos a tres veces más grandes en la dirección tangencial que en la dirección radial.

2-4 ESFUERZOS Y DEFORMACIONES EN LA MADERA

A medida que progresa el secado de una pieza de madera, frecuentemente se desarrolla una condición de esfuerzo, como resultado del secado desigual y la contracción desigual correspondiente. La superficie de arriba de la tabla pierde su humedad más rápidamente que la superficie inferior. Cuando el contenido de humedad de superficie de arriba de la tabla se vuelve menor que el punto de saturación de la fibra, la madera de esa superficie empieza a contraerse.

Puesto que la madera de la parte inferior de la tabla está aún arriba del punto de saturación de la fibra, reteniendo ésta su dimensión original. Entonces la tabla se deforma para acomodarse a las nuevas dimensiones de la pieza. Cuando una tabla se seca tanto en la superficie exterior como en la interior, las fibras de la superficie rápidamente alcanzan el contenido de humedad equilibrio de la atmósfera secante y resulta un gradiente de humedad. Como en el caso de la pieza de madera delgada secándose en una cara, las dos superficies externas tratan de contraerse cuando el contenido de humedad llega más abajo del punto de saturación de la fibra. Como las condiciones internas no han variado, sobreviene la deformación. Bajo estas circunstancias, aparecen esfuerzos en la madera. O sea que secando la superficie exterior, las células son sometidas a un esfuerzo de tensión. Este mismo procedimiento puede producirse en forma inversa. Este fenómeno se debe al corrimiento de cristaloides de la celulosa en la pared celular.

Se sabe que si la madera ha estado sujeta a estos esfuerzos, se pone en una atmósfera condicionada de temperatura y humedad relativa altas por cierto tiempo, las fuerzas que ocasionan los esfuerzos se alivian y esta condición se elimina.

2-4-1 ENDURECIMIENTO SUPERFICIAL

Si una pieza de madera verde se coloca en una atmósfera buscando un secado rápido, se producirá una condición de tensión en las capas exteriores de la madera. A medida que esta madera continúa secándose, el contenido de humedad que existe en el centro de la madera, se reduce abajo del punto de saturación de la fibra y el corazón empieza a contraerse. La parte exterior ha adquirido una condición de tensión, no se contraerá y tenderá a evitar la contracción del corazón. De acuerdo con esto, a medida que avanza el secado, el exterior recibe esfuerzo de compresión y el corazón recibe esfuerzo de tensión. La madera que está en estas condiciones a pesar del contenido de humedad uniforme, se dice que se ha endurecido superficialmente. Como se ha puntualizado anteriormente, el acondicionamiento de la madera aliviará la condición inducida que ocasiona el endurecimiento superficial. Durante el curso del acondicionamiento, la capa externa de la madera adquiere humedad. Si el tratamiento de acondicionamiento se prolonga demasiado, el contenido de humedad de la parte externa se volverá mucho más grande que el del corazón. Lo anterior inducirá una condición de compresión. Cuando el trozo de madera se iguala, esto es, cuando el contenido de humedad es uniforme a través de todo el ejemplar, la parte externa recibirá esfuerzo de tensión y el corazón lo recibirá de compresión. Esta condición se llama endurecimiento superficial invertido.

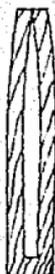
En los dibujos de la Fig. 2:4, se ilustra el método estándar de hacer una prueba para determinar si acaso el endurecimiento superficial o el endurecimiento superficial invertido está presente en un ejemplar de madera. Cuando una pieza de madera se prueba para esfuerzos, los ejemplares de prueba que se presentan se cortan de la tabla muestra. La condición del ejemplar de prueba se observa en el momento que se corta. Entonces el ejemplar de prueba se debe secar a un contenido de humedad uniforme y se evalúa de nuevo. La observación importante es la última, que se hace cuando el contenido de humedad es uniforme a través de todo el ejemplar de prueba.



SIN E. S.



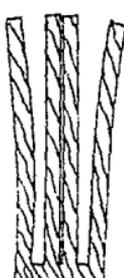
CON LIGERO E. S.



CON E. S.



CON E. S. INVERTIDO



METODO DE MUESTREO PARA PRUEBAS DE
ENDURECIMIENTO SUPERFICIAL (E.S.)

FIG: 2.4

2-4-2 AGRIETAMIENTOS

Como se ha puntualizado en la discusión de las condiciones de esfuerzo, cuando la parte exterior de una pieza de madera se seca abajo del punto de saturación de la fibra, mientras el corazón está aún arriba, la parte exterior recibe esfuerzo de tensión, mientras el corazón limita su contracción. Si los esfuerzos creados exceden a la resistencia de la madera en tensión perpendicular al hilo, habrá fallas en forma de grietas o rajaduras en las caras y en los extremos de corte plano de la madera aserrada. Frecuentemente los rayos de la madera constituyen líneas de menor resistencia, lo cual implica agrietamientos si se les somete a esfuerzos. En las maderas resinosas, los canales resiníferos también forman líneas de menor resistencia, en los cuales los agrietamientos y rajaduras tienen su origen.

2-4-3 COLAPSO

El colapso es un término utilizado para describir una contracción anormal de la madera, ocasionada por esfuerzos internos. Mientras que la contracción normal es el resultado de la pérdida de agua de la pared celular, el colapso resulta de la pérdida de agua de la cavidad celular. La contracción normal se presenta a contenidos de humedad abajo del punto de saturación de la fibra; el colapso se presenta a contenidos de humedad arriba del punto de saturación de la fibra. De hecho, el colapso se presenta sólo cuando las cavidades celulares se han llenado completamente con agua y no contienen aire. Cuando el agua se evapora de las aberturas que existen en la pared celular, el volumen de agua disminuye en la cavidad celular. Puesto que esta agua se adhiere a la pared celular con fuerza considerable, un esfuerzo notable se induce en dicha pared como resultado de la pérdida de humedad de la cavidad celular.

Si este esfuerzo excede a la resistencia de compresión de la madera, las paredes celulares se juntan a medida que el volumen de agua disminuye en la salida. La contracción que se presenta a medida que las paredes de las células se juntan más unas con otras, se llama colapso. El colapso no ocurrirá si hay burbujas de aire en las cavidades celulares. Dichas burbujas de aire expandirán las paredes de la célula y aliviarán los esfuerzos. La madera que ha sufrido un colapso severo, frecuentemente es de forma irregular, con acanaladuras y lomos. Si el colapso no es demasiado severo, se puede eliminar y la madera se puede restaurar a las condiciones normales por medio de un tratamiento con temperaturas arriba de 180° F.

2-4-4 APANALADO

El apanalado es un término utilizado para describir ciertos defectos internos severos en la madera. Estos defectos es costumbre que se presenten en los rayos de la madera, y el apanalado severo es generalmente más común en las maderas con rayos grandes. Al apanalado puede ser ocasionado por los siguientes factores:

1. Los esfuerzos internos de tensión en el material con endurecimiento superficial severamente marcado que está secando a altas temperaturas, puede exceder a la máxima resistencia tensil perpendicular el grano de la madera.
2. El material con endurecimiento superficial severamente marcado, que se acondiciona a una humedad relativa de 100% puede desarrollar esfuerzos internos de tensión que exceden a la misma resistencia tensil perpendicular al grano de la madera.

3. El colapso de células localizadas puede ocasionar una separación de las fibras de la madera en algunas áreas.
4. Los defectos de las superficies o de los extremos pueden extenderse más profundamente en la madera, como un resultado de los esfuerzos internos de tensión. Normalmente esta es la causa más común de apalado.

CAPITULO III

DIFERENTES FORMAS DE SECADO

3-1 SECADO AL AIRE LIBRE

El secado al aire se realiza apilando la madera al aire libre, de tal manera que quede expuesta a una atmósfera secante. El contenido de humedad que asumirá la madera aserrada en una pila que se está secando al aire, depende del contenido de humedad en equilibrio de la atmósfera. Esto puede variar de una parte a otra del país.

No es posible controlar la temperatura, la humedad relativa y la circulación del aire en el secado al aire, de manera que esos factores se pueden controlar en el secado en estufa. Aunque es posible ejercer cierto control sobre la velocidad de secado y la incidencia de los defectos del secado, por medio de una buena disposición y operación del patio de secado al aire.

3-1-1 LOCALIZACION DEL PATIO

El patio de secado al aire debe estar localizado cerca de la fábrica que elabora la madera aserrada, o de la planta donde se le ha de usar, si se han de reducir al mínimo los costos de transporte. El patio también debe estar localizado con relación a la dirección de los vientos dominantes. La localización del patio en un terreno elevado, permitirá que se tomen las mejores ventajas de los vientos. Si es posible, el patio debe estar localizado donde su exposición al viento no sea disminuida por árboles, lomas, edificios u obstrucciones similares.

Es preferible no localizar el patio cerca de un depósito grande de agua o en un área donde la tierra esté mojada o el aire normalmente esté estancado y húmedo.

El patio normalmente contiene pilas de madera aserrada adyacentada a pasillos o callejones, los cuales son caminos para transportar la madera adentro y hacia afuera del patio. La planeación de los patios está influenciada por el método de transporte y el apilado de la madera que se ha de usar.

Fig. 3:1

3-1-2 CIMIENTOS

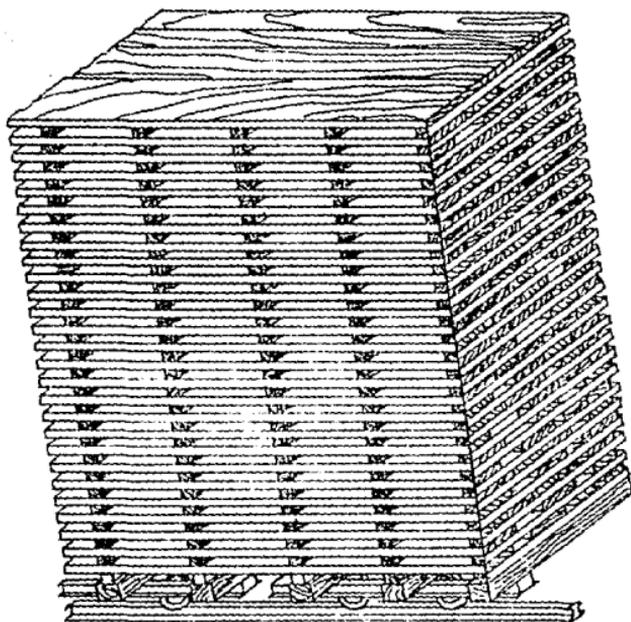
En los patios de secado al aire, la madera aserrada se coloca sobre cimientos que la sostienen ligeramente arriba del suelo. Los cimientos deben ser suficientemente fuertes como para soportar las cargas máximas de la madera que se ha de apilar sobre ellos y deben ser durables y resistentes a los microorganismos destructores de la madera. Los cimientos se pueden construir de concreto, ladrillo o de madera.

Si se utilizan cimientos de madera, éstos se deben construir de madera que tenga un elevado grado de resistencia natural a la putrefacción, o que ha sido tratada con preservantes para hacerla resistente a la misma.

De preferencia los cimientos se deben hacer con un declive desde el frente hasta atrás, para proporcionar así un buen drenaje del agua de lluvia de las pilas.

3-1-3 PILAS DE MADERA

Para su secado más satisfactorio, la madera aserrada se debe apilar de tal manera que los extremos delanteros de las tablas de cada capa sobresalgan enteramente más allá de los extremos de la capa de abajo, con el fin de proporcionar una inclinación hacia adelante de la pila, de una pulgada por cada pie de altura.



ARPILLADO DE LA MADERA

FIG: 3:1

Este método de apilar es práctico donde se utiliza el apilado a mano, pero no donde se usan los métodos de empacar por unidad.

Las pilas se deben apilar en forma de caja, esto es, que las pilas se deben construir de tal manera que sus extremos estén a escuadra. Donde toda la madera de una pila es de la misma longitud es fácil hacer una pila en caja. Donde hay varias longitudes o las longitudes al azar son la regla, se debe tener cuidado para obtener un buen apilado en caja.

Al construir una pila para el secado al aire, las tablas se colocan en capas separadas por medio de separadores. Las tablas en capas se separan de tal manera que huecos verticales llamados también ventilas o chimeneas, quedan disponibles para el movimiento vertical del aire. El aire se mueve horizontalmente a través de la pila, como resultado de la acción del viento. A medida que el aire se moviliza hacia el interior de la pila, adquiere humedad y se enfría. A medida que se enfría, circula por las ventilas o chimeneas. El movimiento horizontal del aire que resulta de la acción del viento y el movimiento vertical debido al enfriamiento del aire, dan como resultado la circulación del aire dentro de la pila. El aire cargado de humedad se mueve hacia afuera de la pila y se reemplaza por aire seco y fresco, continuándose de esta manera el secado. Es muy importante que los canales para el movimiento del aire, tanto vertical como horizontal, se mantengan en operación, si se ha de lograr un secado rápido.

Algunas veces el empacado en unidad se debe realizar para los propósitos tanto del secado al aire como del secado en estufa. Se forma el paquete y se coloca en los simientos por medio de un camión con levantador, para su secado al aire.

Después del secado al aire, el paquete se toma de nuevo intacto por el camión y se coloca en la estufa, para su secado en ésta. Bajo estas circunstancias, se pueden omitir las chimeneas o las ventilas verticales. Debido a que en las pilas empacadas se reduce la anchura, la chimenea no es necesaria. La superficie del patio debajo de las pilas y en los callejones debe mantenerse libre de basura, hierbas y otros desperdicios para permitir así una buena circulación del aire. Los desperdicios también contribuyen al desarrollo de los microorganismos destructores de la madera y de los que ocasionan su manchado. Es más fácil mantener un patio limpio si se prepara una superficie cubierta de grava, roca triturada, arena, cenizas, u otros materiales similares. Se pueden utilizar materiales químicos tóxicos para evitar el crecimiento de las hierbas.

Es una buena práctica el poner un techo sobre una pila que se está secando al aire, para proteger la parte superior de la precipitación y la luz solar directa. Este hecho comúnmente se hace de dos capas de madera aserrada de baja calidad, pero algunas autoridades recomiendan un techo preparado.

Generalmente el techo se eleva un poco, de tal manera que su pendiente sea mayor que la de las capas normales en la pila. Esto permite un buen drenaje de la lluvia desde la parte de arriba de la pila. El techo se debe extender más allá de la pila, tanto adelante como atrás y en ambos lados, una distancia de 1' a 2'.

Cuando se considere conveniente obtener un secado al aire muy rápido, el apilado vertical apoyado en bastidores y el apilado en criba, se utilizan en vez de apilado en plano horizontal que es más común.

Estos métodos permiten un secado más rápido que el apilado en plano, pero tienen ciertas desventajas. Entre ellas están el que requieren más espacio de patio y favorecen la aparición de más torceduras y rajaduras.

3-2 SECADO EN ESTUFA

Un control apropiado de las condiciones en el patio de secado al aire, permitirá acelerar el proceso y reducir los defectos del secado. Sin embargo, aún con las mejores condiciones en el patio, la velocidad con que el secado se realiza, depende del medio ambiente. La estufa para secar madera, proporciona una manera de sobreponerse a las limitaciones impuestas por las temperaturas y las humedades relativas que ocurren en forma natural y por variaciones del clima. Los diversos tipos de estufas de secado, comúnmente usadas para el secado de la madera aserrada, son cámaras equipadas de tal manera que se puede ejercer cierto grado de control sobre la temperatura, la humedad relativa y la velocidad del aire en contacto con la madera.

Las estufas para secar madera aserrada se clasifican comúnmente sobre la base del método de carga y el tipo de circulación del aire. Sobre la base de los métodos de carga, las estufas se clasifican como del tipo progresivo o del tipo de compartimiento. En las estufas progresivas, los carros de madera se cargan por un extremo, pasan a través de la estufa y se descargan del otro extremo de la estufa, al complementarse el período de secado. En cualquier tiempo dado, una estufa progresiva contiene madera en los varios estados sucesivos del secado, desde madera seca en el extremo de descarga, hasta madera con el contenido de humedad inicial en el extremo de carga.

En las estufas de compartimientos, la madera aserrada se introduce en ella hasta llenarla, luego se cierra la estufa y la madera se seca. Toda la madera se descarga de la estufa de compartimiento, al final del proceso del secado.

Sobre la base de circulación, las estufas de secado se clasifican como estufas de circulación natural y estufas de circulación forzada. Las estufas de circulación natural se han diseñado para suministrar el movimiento del aire por medios naturales. Debido a que el aire caliente se eleva y el aire frío desciende, es posible obtener la circulación del aire a través de la carga, por el mantenimiento de una diferencia de temperatura entre la parte alta y el fondo de la estufa. Las estufas de circulación forzada suministran el movimiento de aire necesario para el secado, por medio de la acción de ventiladores que forzan el aire a través de la carga.

3-3 VENTAJAS DEL ESTUFADO SOBRE EL SECAMIENTO AL AIRE.

- A) Reducción de Tiempo. Lo que requiere meses, se puede lograr en semanas y aún en días; traduciéndose en menor inversión de capital, menor espacio para almacenamiento, menor costo por concepto de seguros y mayor rapidez en la rotación de inventarios.
- B) Aún en condiciones óptimas de clima natural, la humedad de la madera, difícilmente baja a menos de 12% y en la manufactura de muchos artículos, se requiere hasta el 4%. Casi otro tanto se exige en los lugares calentados artificialmente donde la humedad de la atmósfera es generalmente muy baja.

C) En la estufa, las condiciones de temperatura y humedad del aire, así como la circulación y ventilación de éste, pueden regularse de acuerdo con las que se han encontrado más apropiadas para secar cada especie de madera, según la cantidad de humedad que contiene y las cuales no pueden controlarse en espacios abiertos. De manera que un estufado cuidadoso, significa menor deterioro de la madera, por concepto de defectos ocasionados muchas veces por el secamiento del aire.

Es por esto que, con frecuencia, conviene estufar directamente maderas costosas, susceptibles a esos defectos, sin secarlas previamente al aire, aunque el costo de la operación pudiera ser mayor en ciertos casos.

D) La alta temperatura del aire en el estufado, hace que las resinas en algunas especies como las pináceas, broten en su mayor parte a la superficie, eliminándose en el acepillado y las que quedan en el interior, se endurezcan, evitándose así el sudamiento que posteriormente decolora o levanta los acabados.

Lo anterior es probablemente a lo que se refieren algunos usuarios de madera en México cuando hablan de, o exigen madera desflemada, toda vez que no puede tratarse de las pequeñas cantidades de otras sustancias como taninos, azúcares, materias colorantes, etc., algunas de las cuales se encuentran en ciertas especies, pero que no afectan los acabados y que por otra parte, no se extraen en el estufado.

- E) La madera secada a las temperaturas finales de 160° a 200° F y más, empleadas en las estufas, adquiere la propiedad de volverse menos higroscópica que la secada a las temperaturas comunes del aire, haciéndose menos vulnerable a los cambios atmosféricos. Es decir, trabaja menos en el uso.
- F) Los procesos modernos de pegado o encolado y pintado, no podrían efectuarse con maderas secadas únicamente al aire, por requerir contenidos de humedad bajos y a veces bastante precisos.

S E G U N D A .

P A R T E .

CAPITULO IV

4-1 DESCRIPCION GENERAL

El mejor lugar en el cual debe ser hecha esta instalación, es sin duda el mismo aserradero en donde prácticamente podemos - decir que cierra el ciclo de la producción maderable, pues la madera del tronco en sí se procesará, los desperdicios en formas irregulares se aprovecharán para la elaboración de subproductos, como son empaques de madera, palo de escoba, palillos de paleta, etc. Los desperdicios sumamente pequeños e irregulares se triturarán en un molino y podrá ser aprovechado como combustible.

En esta secadora se podrán procesar todo tipo de especies de madera y de cualquier dimensión, ya que los lineamientos generales de diseño nos permitirán cualquier utilización. Para el caso particular de una sola especie de madera a secar, se podrá determinar el comportamiento en especial reduciéndose el rango de operación redondeando esto en una instalación más económica.

Para este caso en forma completamente general se ha tomado en cuenta la posibilidad de mejorar las programaciones de secado, como se muestran más adelante, esto puede ser posible con una debida observación y estudio de la madera que se procese.

La estufa secadora estará compuesta de los siguientes sistemas:

- a) Una caldera que nos proporcione el calor necesario para el proceso.
- b) Serpentes de radiación compuestos por tubos aletados.
- c) Sistema de ventiladores para mantener un elevado flujo de aire que recoja la humedad de la superficie de la madera.
- d) Sistema de control neumático.
- e) Construcción civil consistente en una nave debidamente aislada.

Dimensiones 15' ancho x 20' altura x 66' largo
4572 mm x 6096 mm x 20117 mm

4-2 SELECCION DE LA CALDERA

Iniciaremos nuestro estudio con la determinación de calor que se transmitirá por las paredes.

Calcularemos los coeficientes de transmisión de calor (h), este coeficiente quedará definido en la siguiente forma:

$$h = \frac{1}{(Ra) (R1) (R2) \dots (Ri) (Rb) + Rt}$$

La conductividad de los diferentes materiales (k) es el calor que fluye por unidad de área, por unidad de tiempo y por grado de diferencia de temperatura entre las dos superficies en contacto.

La conductancia (c) es el calor que fluye por conducción y que es igual a $\frac{K}{X}$ siendo X el espesor de la pared:

$$R_i = \frac{1}{C_i} = \frac{X_i}{K_i}$$

Ra y Rb representan la película del aire, que a lo mismo que un conducto en el que circula un fluido la velocidad de éste es - máxima al centro y va gradualmente disminuyendo hasta llegar a ser cero a una cierta distancia de las paredes del ducto formando una capa estática a la cual se le llama película, cuyo - espesor depende de la velocidad del fluido y de la rugosidad de la pared.

Los valores de coeficiente de transmisión de calor de estas películas han sido determinadas experimentalmente y pueden calcularse por medio de las expresiones siguientes:

$F = 1.6 + 0.3 V$	Para paredes lisas
$F = 2.0 + 0.5 C$	Para paredes medianamente rugosas.
$F = 2.1 + 0.6 V$	Para paredes muy rugosas.

En las cuales 1/F será igual al coeficiente de conductividad de la película y "V" será la velocidad del aire expresada en millas/hora.

Para el caso de esta estufa tendremos una velocidad del viento exterior de 7 millas/hora y en el interior 4.55 millas/hora y en ambas superficies un acabado liso:

$$F_a = 1.6 + (0.3) (7) = 3.7$$

$$F_b = 1.6 + (0.3) (4.55) = 2.965$$

$$R_a = \frac{1}{F_a} = \frac{1}{3.7} = 0.27 \frac{(h) (Pia^2) (^{\circ}F)}{BTU}$$

$$R_b = \frac{1}{F_b} = \frac{1}{2.965} = 0.336 \frac{(h) (Pia^2) (^{\circ}F)}{BTU}$$

Valor del coeficiente de transmisión de calor (h) para las paredes.

MATERIAL	CONDUCTIVIDAD TERMICA $K = \frac{BTU-Pulg}{Pia^2 h ^{\circ}F}$	$\frac{1}{K} = \frac{Pie^2 h ^{\circ}F}{BTU - Pul}$	ESPESOR (PULG.)	$R = \frac{L}{K}$ RESISTENCIA DE LA TRANSFERENCIA DE CALOR $R = \frac{Pie^2 h ^{\circ}F}{BTU}$
* Superficie Exterior	-	-	-	0.27
* Pintura Impermeable exterior	0.625	1.6	1/8" (0.125")	0.2
* Cemento Portland aparente	2.04	0.49	1/4" (0.25)"	0.1225
* Ladrillo para construcción	5	0.2	6"	1.2
* Asbesto Láminas	4	0.25	1/4" (0.25)"	0.0625
* Pintura Interior	1.56	0.64	1/32" (0.03125)"	0.02
* Superficie Interior	-	-	-	0.336
				<u>2.211</u>

$$ht \text{ de las Paredes} = \frac{1}{R_t} = \frac{1}{2.211} = 0.4522$$

$$h \text{ de las Paredes} = \frac{ht = 0.4522}{\frac{BTU}{Pia^2 hr ^{\circ}F}}$$

VALOR DE (h) PARA EL TECHO

MATERIAL	CONDUCTIVIDAD TERMICA $K = \frac{\text{BTU} \cdot \text{Pul}}{\text{Pie}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{F}}$	$\frac{1}{K}$	$= \frac{\text{Pie}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{F}}{\text{BTU} \cdot \text{Pul}}$	ESPESOR (PULG.)	$R = \frac{l}{K}$ RESISTENCIA DE LA TRANSFEREN- CIA DE CALOR $R = \frac{\text{Pie}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{F}}{\text{BTU}}$
* Superficie Exterior	-	-	-	-	0.27
* Pintura impermeable exterior	0.625	1.6	1/8" (0.125)"		0.2
* Asbesto Láminas	4	0.25	1/2 (0.5)		0.125
* Loza de Concreto armado	2.04	0.49	4"		1.96
* Acabado (Pintura interior)	1.56	0.64	1/32" (0.03125)"		0.02
* Superficie Interior	-	-	-	-	0.336
					2.911

$$ht \text{ del Techo} = \frac{1}{Rt} = \frac{1}{2.911} = 0.3435$$

$$ht \text{ Techo} = 0.3435 \frac{\text{BTU}}{\text{Pie}^2 \cdot \text{hr} \cdot ^\circ\text{F}}$$

VALOR DE (h) PARA LAS PUERTAS

* Superficie Exterior	-	-	-	-	0.27
* Pintura Exterior	0.625	1.6	1/8" (0.125)"		0.2
* Madera (Pino) Fibra cruzada	1.044	0.957	2"		1.915
* Asbesto Láminas	4	0.25	1/2" (0.5)		0.125
* Acabado (Pintura Interior).	1.56	0.64	1/8" (0.125)		0.08
* Superficie Interior	-	-	-	-	0.336
					2.926

$$ht \text{ de las Puertas} = \frac{1}{Rt} = \frac{1}{2.926} = 0.3417$$

$$h = \frac{1}{Rt} = 0.3417 \frac{\text{BTU}}{\text{Pie}^2 \cdot \text{hr} \cdot ^\circ\text{F}}$$

La transferencia de calor puede determinarse a partir del cambio de calor sensible; sabemos que:

$$Q = A \times h \times AT$$

Donde:

Q = Es el calor sensible en $\frac{\text{BTU}}{\text{Hr}}$

A = Es el área que separa los dos ambientes en $(\text{Pie})^2$

h = Es el coeficiente de conductibilidad expresado en BTU por hora por pie cuadrado por grado fahrenheit

AT = Diferencia de temperatura exterior e interior.

Para este estudio tomaremos la máxima diferencia posible, que según vemos en la tabla de temperaturas, la mínima promedio en México es de 41°F y la temperatura de diseño interior la tomaremos de 250°F.

$$AT = T_1 - T_2$$

$$AT = 250^\circ \text{ F} - 41^\circ \text{ F}$$

$$AT = 209^\circ \text{ F.}$$

Q₁ será la pérdida de calor sensible por las paredes tendremos:

A₁ = Area de las Paredes

$$A_1 = (2 \text{ paredes} \times 20 \text{ pies} \times 66 \text{ pies}) + (20 \text{ pies} \times 15 \text{ pies}) \\ + (2 \text{ paredes} \times 2 \text{ pies} \times 13) + (7 \text{ pies} \times 15) \text{ ver planos}$$

$$A_1 = 2640 \text{ pie}^2 + 300 \text{ pie}^2 + 52 \text{ pie}^2 + 105 \text{ pie}^2$$

$$A_1 = 3097 \text{ pie}^2$$

$$Q_1 = (3097 \text{ pie}^2) \left(0.4522 \frac{\text{BTU}}{\text{pie}^2 \text{ h } ^\circ\text{F}} \right) (209^\circ\text{F})$$

$$Q_1 = 292,696.85 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$

Q₂ será la pérdida de calor por el techo.

$$A_2 = (15 \text{ pie} \times 66 \text{ pie}) = 990 \text{ pie}^2$$

$$Q_2 = (990 \text{ pie}^2) (0.3435 \frac{\text{BTU}}{\text{pie}^2 \text{hr}^\circ\text{F}}) (209^\circ\text{F})$$

$$Q_2 = 71,073.6 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$

Q₃ Pérdida de calor por las puertas.

$$A_3 = (11 \text{ pie} \times 13 \text{ pie}) = 143 \text{ pie}^2$$

$$Q_3 = (143 \text{ pie}^2) (0.3417 \frac{\text{BTU}}{\text{pie}^2 \text{hr}^\circ\text{F}}) (209^\circ\text{F})$$

$$Q_3 = 10,212.4 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$

Q₄ Pérdida de calor por el piso

Esta pérdida la dividiremos en dos partes que serán el centro y la periferia, en el centro la consideraremos constante e igual a $2 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$ por pie cuadrado.

Lo determinaremos considerando el área total y sumaremos la transmisión de calor de la periferia.

$$A_4 = 15 \text{ pie} \times 66 \text{ pie} = 990 \text{ pie}^2$$

$$Q'_4 = (990 \text{ pie}^2) (2 \frac{\text{BTU}}{\text{hr pie}^2}) = 1980 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$

$$Q_4 = 1980 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$

Ahora bien la transmisión de calor en la periferia será:

$$Q''_4 = Ah At$$

$$h = 0.82 \frac{\text{BTU}}{\text{hr pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}}$$

$$A = (2 \text{ partes}) (1 \text{ pie}) (15 \text{ pies}) + (2 \text{ partes}) (1 \text{ pie}) (66 \text{ pie})$$

$$A = 30 \text{ pie} + 132 \text{ pie}^2 = 162 \text{ pie}^2$$

$$Q''_4 = (162 \text{ pie}^2) (0.82 \frac{\text{BTU}}{\text{h pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}}) (209^\circ\text{F})$$

$$Q''_4 = 27,763 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$

$$Q_4 = Q'_4 + Q''_4$$

$$Q_4 = 1980 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}} + 27,763 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$

$$Q_4 = 29,743 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$

Calor absorbido por la madera:

Como podemos ver en el dibujo del arreglo general vamos a tener: 8 tablas de 1" de espesor x 8' de largo y 1' de ancho (1"x8'x12") formarán un nivel, los espaciadores entre cada nivel serán de 1" y los tendremos para permitir el paso del aire entre cada nivel de tabla.

La altura total de la carga será de 9', de tal manera tendremos 9 pie ($\frac{12 \text{ pul.}}{1 \text{ pie}}$) = 108" y un equivalente de 54 niveles.

$$\text{Donde } C = (8 \text{ piezas}) \times (54 \text{ niveles})$$

$$C = 432 \text{ piezas.}$$

Como en la estufa podemos tener 6 pilas de madera:

$$C_t = (6 \text{ pilas} \times 432 \text{ piezas c/pila}) =$$

$$C_t = 2592 \text{ piezas.}$$

Como cada tabla tiene 8 pie² aproximadamente, la capacidad total será:

$$C_{tt} = 2,592 \text{ piezas} \times 8 \text{ pie}^2$$

$$C_{tt} = 20,736 \text{ pie}^2 \text{ de madera en una pulgada de espesor.}$$

Esta será la capacidad total de la secadora.

Se ha encontrado que la madera desde el momento en que se corta empieza a perder humedad y desde luego después de ser aserrada, ya que la superficie en contacto con el exterior es mucho mayor, la cantidad de humedad que estadísticamente pierde hasta el momento de ser estufada equivale a un 20% de la humedad total.

Para los efectos del diseño tomaremos una madera suave con un contenido elevado de humedad equivalente a un peso total de 7.06 libras por pie cuadrado de una pulgada de espesor

$$W_{tt} = \text{Peso total de la carga}$$

$$W_{tt} = W_m W_a$$

$$W_{tt} = (20,736 \text{ pie}^2 \times 7.06 \frac{\text{lb.}}{\text{pie}^2})$$

$$W_{tt} = 146,396 \text{ lb.}$$

El peso del agua contenida será considerando la pérdida del 20% (antes de llegar a la estufa).

$$W_a = (W_{tt}) (0.5) (0.8\%)$$

$$W_a = 146,396 \text{ lb} (0.5) (0.8)$$

$$W_a = 58,558.4 \text{ lb.}$$

Lo anterior se debe a que la mitad del peso total estará formado por un 50% de agua.

En los estudios realizados en la Universidad de Wisconsin, se ha llegado a determinar que para una secadora múltiple como en el caso de ésta, se deberá evaporar en el primer día de secado el 50% de la cantidad total de agua.

Finalmente tendremos que la cantidad a evaporar de agua por hora será:

$$W^1 = \frac{(58,228.4 \text{ lb}) (0.5)}{24 \text{ hr}}$$

$$W^1 = 1220 \frac{\text{lb de agua}}{\text{hora}}$$

Q_5 = Calor necesario para evaporar el agua contenida en la madera:

$$Q_5 = Q_{ab} = Q_{ab} + Q_{bc}$$

Q_{ab} = Calor necesario para elevar la temperatura del agua resultante a 212°F.

Q_{bc} = Calor latente de vaporización

$$C_e = 1 \frac{\text{BTU}}{\text{ebm}^\circ\text{F}}$$

$$Q_{ab} = W C_{edT}$$

$$At = 180^\circ\text{F} - 40^\circ\text{F}$$

$$Q_{ab} = W C_e At$$

$$At = 140^\circ\text{F}$$

$$Q_{ab} = (1220 \frac{\text{lbmH}_2\text{O}}{\text{hr}}) (\frac{1 \text{ BTU}}{\text{lbm}^\circ\text{F}}) (140^\circ\text{F})$$

$$Q_{ab} = 170,800 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$

Q_{bc} = Calor latente de vaporización.

Q_{bc} = (Calor de vaporización del agua) (libras masa agua)

$$Q_{bc} = (970 \frac{\text{BTU}}{\text{lbm}}) (1220 \frac{\text{lbm}}{\text{hr}}) =$$

$$Q_{bc} = 1,183,400 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$

$$Q_5 = Q_{ab} = Q_{bc}$$

$$Q_5 = 170,800 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}} + 1,183,400 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$

$$Q_5 = 1,354,200 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$

Q_6 = (Calor absorbido por la madera)

Sabemos que las diferentes especies tienen pequeñas variaciones en sus calores específicos, así como diferentes contenidos de humedad, por lo tanto para el diseño tomaremos un valor de:

$$C_m = 0.67 \frac{\text{BTU}}{\text{lbm}^\circ\text{F}}$$

Pino

(Sugar pine)

$$Q_6 = W_m C_m \Delta t \text{ (Peso madera) (Calor específico de madera) (diferencia de temperaturas).}$$

El peso de la madera total es (W_{tt}) pero como el 50% es agua tendremos que $(W_{tt})(0.5) = W_m$

$$(146,396 \text{ lbm})(0.5) = 73,198 \text{ lbm.}$$

$$C_m = 0.67 \frac{\text{BTU}}{\text{lbm}^\circ\text{F}}$$

$$A_t = 180^\circ - 40^\circ = 140^\circ\text{F}$$

$$Q_6 = (0.67 \frac{\text{BTU}}{\text{lbm}^\circ\text{F}}) \frac{(73,198 \text{ lbm}) (140^\circ\text{F})}{24 \text{ hr}}$$

$$Q_6 = 286,082 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$

$$Q_7 = (\text{Calor absorbido por los cambios de aire})$$

Para determinar la magnitud de calor que debemos aportar al sistema por este concepto, haremos las siguientes consideraciones:

- a) El sistema neumático de control nos mantendrá una -depresión, la cual se programará en base a las pruebas preliminares en la madera por secar y los estudios desarrollados de cada especie.
- b) Al estar aportando calor a la carga de la secadora, el agua que la madera contiene empezará a evaporarse, aumentando progresivamente la humedad relativa al salirse del rango de temperatura del búlbo húmedo deseada, se mandará una señal a la válvula accionadora de las ventilas instaladas en la parte superior, permitiendo la salida del exceso de humedad relativa, ocasionando con esto un cambio parcial de aire.

- c) Una vez seca la superficie de la madera presentará el caso de una falta de humedad en el ambiente y la señal psicométrica dará por resultado que abra la válvula - controladora de vapor, humedeciendo el interior por medio de una línea de aspersores a lo largo de la secadora.
- d) La falta de homogeneidad en el contenido de humedad en la madera (ver cap. II) extraída de la misma región de un mismo árbol ocasionará, indirectamente un cambio en el ambiente.

Debido a que la complejidad del comportamiento de las diferentes especies, haremos un cálculo bastante aproximado a la cantidad de calor por aportar, debido a los cambios de aire.

La diferencia por altura de esta ciudad la consideramos compensada por el trabajo que realizan los ventiladores instalados en el interior de la estufa.

Condiciones de entrada (E)

Temperatura promedio bulbo seco 60°F

Humedad relativa promedio 60%

Condiciones de Salida (S)

Temperatura Bulbo Seco 160°F

Humedad Relativa 100%

Esto lo calcularemos mediante las entropias del aire, es decir:

$$\text{Entalpfa total} = \text{Entalpfa de salida} - \text{entalpfa entrada.}$$

$$h_t = h_s - h_e$$

La entalpfa de la mezcla de aire y vapor se calcula por:

$$h = 0.240 \text{ td} + w (1,062 + 0.44 \text{ td}) \frac{\text{BTU}}{\text{lb}}$$

Donde: Td = Temperatura del bulbo seco

w = Humedad relativa

Entalfa de entrada:

$$h_e = 0.24 (60^\circ\text{F}) + 0.6 [1,062 + 0.44 (60^\circ\text{F})]$$

$$h_e = 14.4 + 0.6 (1088.4)$$

$$h_e = 667.44 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}}$$

Entalfa de salida

$$h_s = 0.24 (160^\circ\text{F}) + 1 [1,062 + 0.44 (160^\circ\text{F})]$$

$$h_s = 38.4 + 1132.4$$

$$h_s = 1170.8 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}}$$

$$h_t = 1170.8 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}} - 667.44 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}}$$

$$h_t = 503.36 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}}$$

Como una libra de agua es igual a 7000 granos tendremos: La totalidad del agua contenida en la madera, la secaremos en el aire (At) por lo tanto:

$$At = \frac{(1120 \text{ lb agua}) (7000 \text{ granos})}{\text{hr} \quad \text{lb agua}}$$

$$At = 8,540,000 \frac{\text{granos}}{\text{hr}}$$

- * Granos contenidos en el aire en las condiciones de entrada; (de las tablas del apéndice)

Condiciones de entrada:

$$Tb = 60^\circ\text{F} \text{ (Entramos a tablas)}$$

Peso del vapor saturado

$$Ae = 5.795 \frac{\text{granos}}{\text{pie}^3}$$

$$Ae = (5.795 \frac{\text{granos}}{\text{pie}^3}) (0.6) =$$

$$Ae = 3.477 \frac{\text{granos}}{\text{pie}^3}$$

- * Granos contenidos a la salida

$$Tb = 160^\circ\text{F} \text{ (Entramos a tablas)}$$

$$As = (90.43 \frac{\text{granos}}{\text{pies}}) (1)$$

$$As = 90.43 \frac{\text{granos}}{\text{pie}^3}$$

Ahora bien tendremos un volumen de aire en pie^3 por libra de aire seco total (a una presión de 29.92 pulg de hg)

Condiciones de entrada:

$$Tb = 60^\circ\text{F} \text{ (En tablas de apéndice)}$$

$$Ve = 13.09 \frac{\text{Pie}^3}{\text{lb}}$$

Ahora bien:

$$Ve = (13.09 \frac{\text{Pie}^3}{\text{lb}}) (3.459 \frac{\text{granos}}{\text{Pie}^3}) = 45.28 \frac{\text{granos}}{\text{lb aire}}$$

$$Ve = 45.28 \frac{\text{granos}}{\text{lb aire}}$$

Condicioens de salida:

$$Tb = 160^\circ\text{F}$$

$$Vs = 23.03 \frac{\text{Pie}^3}{\text{lb}}$$

$$Vs = (23.03 \frac{\text{Pie}^3}{\text{lb}}) (90.43 \frac{\text{granos}}{\text{Pie}^3}) = 2082.6 \frac{\text{granos}}{\text{lb aire}}$$

$$Vs = 2082.6 \frac{\text{granos}}{\text{lb-aire}}$$

Cantidad a extraer de granos por libra de aire (Cex)

$$Cex = Vs - Ve$$

$$Cex = 2082.6 \frac{\text{granos}}{\text{lb aire}} - 45.28 \frac{\text{granos}}{\text{lb - aire}}$$

$$Cex = 2037.32 \frac{\text{granos}}{\text{lb - aire}}$$

Con los datos anteriores podremos determinar la cantidad de libras de aire necesarias (A_1)

$$AI = (8,540,000 \frac{\text{granos}}{\text{hr}}) \left(\frac{1}{2037.32 \frac{\text{granos}}{\text{lb-aire}}} \right)$$

$$AI = 4191.77 \frac{\text{lb-aire}}{\text{hr}}$$

Cantidad total de aire que entra y sale:

$$Cta = (Ve) (A_1)$$

$$Cta = (13.09 \frac{\text{Pie}^3}{\text{lb-aire}}) (4191.77 \frac{\text{lb-aire}}{\text{hr}})$$

$$Cta = 54,870.27 \frac{\text{Pie}^3}{\text{hr}}$$

Ahora bien calcularemos el calor absorbido por los cambios de aire (Q_7).

$$Q_7 = (h) (A_1)$$

$$Q_7 = (503.36 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}}) (4191.77 \frac{\text{lb-aire}}{\text{hr}})$$

$$Q_7 = 2,109,969 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$

Por lo tanto el calor total a suministrar será:

$$Q_{tt} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7$$

$$Q_1 = 292,696.85 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$

$$Q_2 = 71,073.6 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$

$$Q_3 = 10,212.4 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$

$$Q_4 = 29,743 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$

$$Q_{tt} = 4,153,977 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$

$$Q_5 = 1,354,200 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$

$$Q_6 = 286,082 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$

$$Q_7 = 2,109,969 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$

Determinación para la caldera necesaria:

$$\text{Presión} = 120 \text{ ps}_1$$

$$\text{Temperatura} = 250^\circ\text{F}$$

$$\text{Calidad X} = 0.95$$

$$L = 4,153,977 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$

$$L = 4,153,977 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$

$$\frac{970 \text{ BTU}}{\text{lb}}$$

$$L = 4282.45 \frac{\text{lb}}{\text{hr}}$$

Ahora bien lo podemos calcular en caballos caldera:

$$h = 312.4 + (0.95) (877)$$

$$h = 1145.55$$

$$hf = 218.48$$

$$\text{C.C.} = \frac{L(h-hf)}{33475}$$

$$\text{C.C.} = \frac{4282.45 (1145.55 - 218.48)}{33475}$$

$$\text{C.C.} = 118.6 \text{ Caballos Caldera}$$

$$\text{C.C.} = 120$$

SUPERFICIE RADIACION

Para seleccionar las tuberías en los cambiadores de calor se emplea normalmente el método de la temperatura media que dice:

$$T = \frac{GTD-LTD}{2.3 \log \frac{GTD}{LTD}}$$

$$Q = U \times A \times T$$

En donde

GTD Diferencia máxima de temperaturas entre los dos fluidos.

LTD Diferencia mínima de temperaturas entre los dos fluidos

Q = Calor total que será transmitido

U = Coeficiente de transmisión de calor

A = Superficie calefactora

T = Promedio logarítmico de temperaturas entre-fluidor.

Para el caso de las secadoras de madera la U.S. Forest Products Laboratory (Laboratorio de Productos Forestales de Estados Unidos de Norte América) ha perfeccionado un método que hasta la fecha ha reportado los mejores beneficios. El método consiste en la determinación de la superficie de radiación por pie de longitud de la secadora.

$$R = B \times H \times K$$

Siendo;

B = Ancho total de la secadora.

H = Altura Total

K = Constante determinada en base a las condiciones de suministro del vapor de la caldera.

- B = 15 ft
- H = 20 ft
- K = 0.19 entrando a tabla con 120 psi y 220°F
- R = 15 x 20 x 0.19
- R = 57 pies cuadrados/pie de secadora

SELECCION DE LOS SERPENTINES

Tomaremos para la elección del serpentín la sección VIII del código ASME aplicable a recipientes a presión no expuestos al fuego directo;

$$t = \frac{P D_o}{SE + 0.4 P} + t_c$$

En donde:

- t = Espesor necesario mínimo
- P = Presión de diseño
- D_o = Diámetro
- S = Esfuerzo máximo permisible
- E = Eficiencia de la junta
- T_e = Corrosión tolerable

Tomaremos un material fácil de adquirir en el mercado nacional SA-179, el cual tiene un rango de trabajo de -20°F a 400°F. Esfuerzo máximo permisible 11,750 libras por pulgada cuadrada. Este tubo lo seleccionaremos de una pulgada nominal. Nuestra presión de diseño será de 50 psi arriba de nuestra presión de trabajo o sea 175 psi. Como para tubo aletado de 1" diámetro nominal al diámetro interior es de 0.834" tendremos que;

$$t = \frac{175 \times 0.834}{11750 + 0.4 (175)} + t_c$$

Para este uso en particular aceptaremos una corrosión de 0.050", finalmente tendremos:

$$t = \frac{145.95}{11,820} + 0.05$$

$$t = 0.06234"$$

Los tubos aleteados que seleccionaremos serán:

Diámetro del tubo 1"

Tipo SA-179 14 BWG

Aletas de aluminio de 5/8" de altura

10 aletas por pulgada

Espesor de la pared 0.0831"

Diámetro interior 0.834 "

Como notamos el espesor del tubo es de 0.0831" para trabajar a 400 °F y según nuestro cálculo necesitamos un espesor de 0.06234 para trabajar a una temperatura máxima de 250 °F, o sea que la elección es correcta.

Ahora necesitamos una superficie de 57 pies cuadrados por pie de secadora, el número de tubos a utilizar serán:

$$P = R/A$$

$$P = 57/5.5$$

$$P = 10.37 \text{ Tubos.}$$

Para poder tener una buena radiación de calor en el interior de la secadora colocaremos los serpentines en la parte superior de ambos lados , esto nos proporcionará un ambiente homogéneo. Al circular el vapor por los serpentines habrá una caída de presión y de temperatura, consecuentemente se presentará un poco de condensado.

Para poder mantener un nivel de radiación constante la entrada del vapor será por la parte media de la secadora, tendremos dos pequeños cabezales de entrada colocados uno en cada lado.

De un cabezal partirán 6 tubos los que llegarán hasta los extremos de la secadora y regresarán por el nivel inferior, -
teniéndose con esto una radiación uniforme.

Los dos tubos de retorno colineales se unirán como se muestra en el diagrama general.

SELECCION DE LOS VENTILADORES.

El volumen total de aire que podremos tener en la secadora será:

$$V_{ta} = \text{Vol. general} - \text{Vol. pasillos laterales} - \text{Vol. carga} - \\ \text{Vol. varios.}$$

$$V_{ta} = 29800 - 528 - 300 - 1728 \text{ (Pie)}^3$$

$$V_{ta} = 27,244 \text{ pies cúbicos.}$$

La velocidad que experimentalmente se ha podido determinar como óptima para el secado de la madera es de 300 a 500 pies por minuto, para nuestra secadora seleccionaremos una velocidad de 400 pies por minuto.

Con objeto de tener un flujo de aire lo más uniforme posible instalaremos 10 ventiladores a lo largo con una separación de 6 pies uno de otro.

La circulación de aire nos permitirá recoger la humedad que se vaya depositando sobre la superficie de la madera haciendo mucho más eficiente nuestro servicio.

La dimensión de estos ventiladores la obtendremos de la siguiente forma:

Cuando las ventilas se encuentran cerradas la cantidad de aire a mover es fija y diremos que cada ventilador moverá la décima parte del volumen total;

Por lo Tanto:

$$\begin{aligned} \text{Gasto Volumetrico} &= \text{Velocidad del aire x área} \\ (\text{Pie}^3 / \text{Min.}) &= (\text{Pie} / \text{Min} \times \text{Pie}^2) \end{aligned}$$

Donde:

$$Q = V \times A$$

$$A = \frac{27.244}{10} / 400$$

El gasto volumetrico lo dividimos entre el número de ventiladores usado en la estufa.

Así:

$$A = 6.81 \text{ pies cuadrados.}$$

Sabemos que el área por ventilador es de 6.81 pie² por lo tanto para calcular el radio de cada ventilador vemos:

$$A = \pi r^2$$

Donde:

$$r = \sqrt{\frac{6.81}{\pi}}$$

Así el radio es de 1.47 pies por lo tanto utilizaremos ventiladores de tres pies de diámetro, los que serán tipo propela de aspas planas, ya que trabajarán en ambas direcciones. La colocación de estos será opuesta consecutivamente como se muestra en el dibujo.

Los 10 ventiladores estarán montados en la misma flecha, para dar simplicidad al sistema, ya que la potencia que consumen es mínima, y con el arreglo que se muestra el flujo de aire es lo suficientemente efectivo para el fin que se desea.

SELECCION DEL MOTOR PARA LOS VENTILADORES

Para la selección del motor de los ventiladores, se suele fundamentalmente la presión de velocidad a que trabajan (pulgadas de agua) por la siguiente expresión:

$$P_t = P_s + P_v$$

En Donde:

P_t es la presión total

P_s es la presión estática

P_v es la presión de velocidad.

En este caso, debido a que los ventiladores no se encuentran en ductos, la presión estática es igual a cero.

$$P_s = 0$$

Para el calculo de la presión de velocidad utilizaremos la expresión siguiente: (Del manual de Ingenieria Marx. 14-52)

$$P_v = \left(\frac{Q}{A} \right)^2 \rho$$

Donde:

P_v Presión de velocidad en pulgadas de agua

Q Gasto volúmetrico en $\text{Pie}^3/\text{Minuto}$

A Area en Pie^2

ρ Densidad de aire en $\text{lbm} / \text{pie}^3$

Nota: Para efectos de calculo haremos las consideraciones siguientes.

- 1ª) La densidad del aire la tomaremos como 0.075 lbm/pie^3
- 2ª) El área de los ventiladores la consideramos menor del 50% debido a que los ventiladores funcionan hacia los dos lados de la estufa y como estan encontrados uno a otro, es decir cuando funcionan hacia un lado la mitad trabaja al cien por ciento y la otra mitad a menos de su cincuenta por ciento.

Por lo tanto:

$$P_v = \left(\frac{27.244 / 3.10}{1.097} \right)^2 0.075$$

Además: La presión total de los ventiladores será la presión de velocidad debido a que la presión estática es cero.

Así:

$$P_t = P_v$$

$$P_v = 4.81 \text{ pulg. de agua}$$

Para el calculo de la potencia de salida del ventilador conocida como - caballos de aire (AHP) tomamos del manual de Ingenieria (Marks 14-52) la siguiente expresión:

$$\text{AhP} = \frac{Q P_t}{6350}$$

Donde:

AhP Caballos de aire W HP

Q Gasto volumetrico en $\text{pie}^3/\text{minuto}$

P_t Presión total del ventilador en pulgadas de agua

Sustituyendo:

$$\text{AhP} = \left(\frac{27.244 \times 4.81}{6350} \right) = 20.63 \text{ Hp}$$

Para fin de selección del motor consideramos que la potencia absorbida por los ventiladores será principalmente por la inercia a romper y por ciertas fuerzas de fricción etc. Así pues usaremos un motor de 25 Hp. nominales en 4 polos a 220 ó 440 volts. como potencia a la entrada del ventilador.

Con una eficiencia mecánica siguiente:

$$\eta = \frac{\text{AhP}}{\text{Hp}} \times 100$$

$$\eta = \frac{20.63}{25} \times 100$$

$$\eta = 82.5 \%$$

Este motor estará conectado a un dispositivo que recibirá la señal de un controlador de tiempo con ajuste de 2 1/2 minutos.

Este reloj controlador se ajustará a paro y cambio de polaridad cada dos horas.

Después de transcurridas dos horas, el reloj automáticamente se desconectará y dejará dos minutos sin mandar la señal al contactor para permitir el paro total a los ventiladores, después de éste tiempo mandará la señal de arranque con la conexión invertida, cambiando el sentido del flujo del aire.

El trabajo de los ventiladores será permanente durante el tiempo que se empleó para el secado.

La transmisión de la rotación la haremos por medio de dos poleas de las siguientes dimensiones:

$$W_1 R_1 = W_2 R_2$$

$$W_1 = 1450 \text{ RPM}$$

$$W_2 = 500 \text{ RPM}$$

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{R_2}{R_1} \quad \frac{R_2}{R_1} = 2.9$$

Utilizaremos una polea motriz de 5" diametro de paso y una polea conducida de 14.5" de diametro de paso.

SISTEMA DE CONTROL

El sistema de control ocupa como el resto de los componentes un lugar preponderante, estará compuesto por un pequeño tablero en donde tendremos alojados los siguientes instrumentos:

- a).- Registrador de temperatura bulbo seco, con sistema doble de entrada, ya que tendremos dos termopares que mandarán la señal al registrador, cada una de ellas se encontrarán colocados en las paredes opuestas y el de mayor, y menor temperatura según cada caso será el que envíe la señal ya que el sentido de flujo del aire obligará a que en cada período de rotación de los ventiladores, trabaje uno y otro.
- b).- Registrador de temperatura bulbo húmedo, será exactamente igual al sistema a).- físicamente se encontrarán juntos, éste estará provisto en su parte inferior de un pequeño recipiente de agua con un sistema flotador para mantener siempre un determinado nivel de agua.
- c).- Registrador de humedad relativa, este sistema será complementario a los sistemas "a" y "b". Estos tres registros podrán ser graficados en la misma hoja de control.
- d).- Tendremos alojados en el mismo tablero, el reloj controlador de tiempo y el arrancador para los ventiladores que operan en la forma mencionada anteriormente. Los sistemas auxiliares fuera del tablero serán:
- e).- Compresora de aire, la cual nos suministrará el aire que será el agente accionador de las válvulas.
- f).- Válvulas de control, tendremos tres válvulas fundamentales:

Una válvula de control para temperatura de bulbo seco.

Esta válvula recibirá la señal neumática del tablero, que éste habrá recibido del termómetro y que deberá accionar cuando la temperatura este fuera de rango programado en el tablero. Al recibir la señal esta válvula permitirá la entrada del vapor o suspenderá la entrada del mismo a los serpentines.

Dos válvulas de control temperatura bulbo húmedo. Estas válvulas en igual forma recibirán la señal del tablero de control cuando la depresión este fuera de rango. (Fig. 4:1)

Para este caso existiran dos alternativas:

I).- Cuando la temperatura llega a su mayor valor programado se mandará una señal a una válvula de pistón que permitirá abrir las ventilas colocadas en el techo, permitiendo la salida del aire con excesiva humedad relativa.

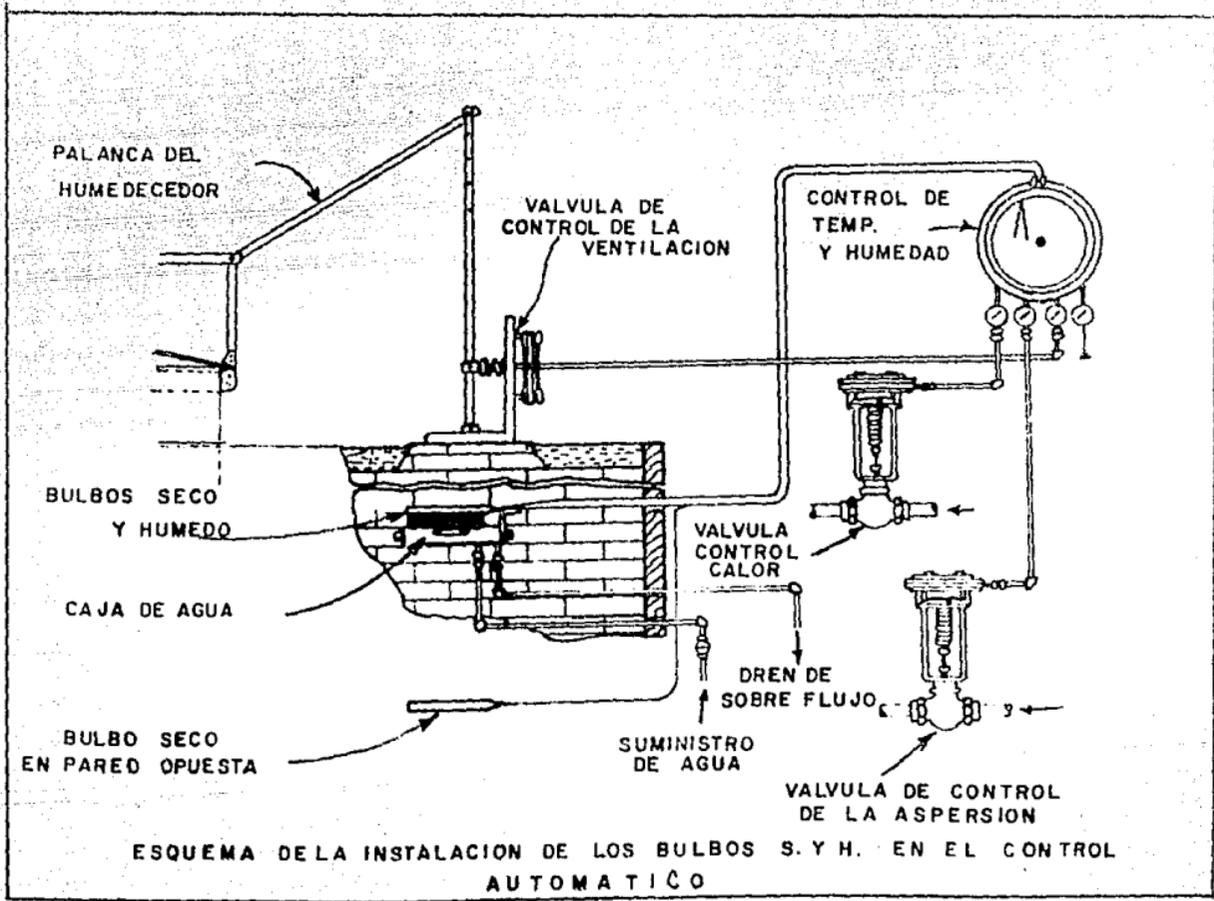
Estas ventilas permanecerán abiertas hasta que las condiciones interiores se estabilicen según el programa, en este momento la presión neumática cesará y por un mecanismo de resorte las ventilas se cerrarán.

*Tendremos colocadas once ventilas en la parte central del techo y estarán colocadas entre cada dos ventiladores, la dimensión de cada una de ellas será de 12" x 12".

II).- Cuando la temperatura de bulbo húmedo llegue a un punto menor al vapor programado, el tablero mandará la señal a una válvula que se encontrará en paralelo al sistema de vapor, éste conectará por medio de una tubería a un tubo central de aspersores a lo largo de la secadora. Esta válvula estará en operación mientras sea necesario aportar humedad al sistema, hasta que se estabilicen las condiciones programadas.

g).- Varios:

La compresora nos enviara aire a 100 libras por pulgada cuadrada y a la entrada del tablero tendremos una válvula reguladora de presión que nos dé una salida 30 psi,, la que será presión de operación general.



ESQUEMA DE LA INSTALACION DE LOS BULBOS S. Y H. EN EL CONTROL AUTOMATICO

Tendremos un manómetro a la entrada del tablero, así como uno en cada una de las salidas de éste.

Trampas de vapor, tendremos colocadas una en cada sistema de ida y vuelta de los serpentines, como tenemos 6 tubos por lado, tendremos tres trampas en cada lado de la secadora.

Conjuntos de sistemas paralelos a válvulas de control para permitir una reparación de alguna de ellas sin tener que parar la operación del secado.

Tendremos colocadas válvulas a las entradas y a las salidas de protección y aislamientos de sistemas.

Instalaremos una altura superior a la carga de 3', o sea una altura total de 14' un piso de madera, con el cual dividiremos el interior dejando solo dos pies de abertura a cada uno de los lados, que será el lugar donde estarán alojados los serpentines con una distribución como se muestra en. la selección de los serpentines

LOS OBJETOS DE PISO SERAN:

- I).- Instalar en el conjunto de ventiladores y placas de conducción de aire.
- II).- Crear una uniformidad en el flujo de aire, obligando a la totalidad de aire a circular a través de los serpentines para un mejor trabajo del agente portador del calor.
- III).- Se tendrán en algunas ocasiones condensaciones en el interior, el objeto será que las gotas de agua que llegarán a caer del techo no caigan sobre la madera en proceso de secado.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

4-6 PROGRAMACION DEL SECADO

La programación del secado se obtiene como resultado del conocimiento técnico de la operación del estufado de la madera aunado a este con el conocimiento de la especie de regiones particulares y la experiencia en la operación de las instalaciones, pero fundamentalmente el secado rápido estará determinado por temperaturas elevadas y húmedas relativas bajas.

El uso de temperaturas elevadas y bajas humedades relativas en las primeras etapas del secado de la madera en verde es probable que ocasionen agrietamientos superficiales muy severos, endurecimiento superficial y colapso.

Debido a que el endurecimiento superficial se puede relevar por medio de un tratamiento de acondicionamiento al final del proceso de secado, ordinariamente no es un factor limitante en la determinación de la severidad permisible en la programación del estufado.

Las grietas superficiales que se abren durante las primeras etapas del secado, generalmente se cierran durante las últimas etapas de éste, pero el daño está hecho y la madera quedará con zonas débiles propensas a fracturas.

MUESTREO

Puesto que las programaciones de la estufa se basan en el contenido de humedad promedio de la madera, es necesario tener colocadas en la carga muestras de las tablas, de la manera que el operador pueda mantener una minuciosa supervisión del proceso de secado.

Es importante tener suficientes muestras de secado en la carga para que sean representativas de la variación del contenido de humedad en la carga y de las condiciones variantes de la estufa.

Es conveniente tener muestras situadas en ambos lados de la estufa, en la parte superior, al centro y en la parte interior de la carga y que estén bien distribuidos a todo lo largo de la estufa. Esto permitirá al operador estar al tanto de cualquier variación en el secado.

Cuando la madera estufada se aproxima al contenido de humedad deseado, la operación del secado se completa dándole un tratamiento de igualamiento seguido por un tratamiento de acondicionamiento.

Los propósitos del igualamiento son:

- 1.- Lograr una uniformidad del contenido de humedad, tanto del exterior como del interior de la pieza de madera.
- 2.- Lograr una uniformidad aproximada del contenido de humedad entre todas las piezas de la carga.
- 3.- Preparar la madera para el tratamiento de acondicionamiento.

Los objetivos del tratamiento de acondicionamiento son el relevar los esfuerzos del endurecimiento superficial compensado, además el promedio de contenido de humedad entre la parte exterior y la interior de la madera.

USO DE LAS PROGRAMACIONES

Para emplear las programaciones que se presentan, se procederá en la siguiente forma:

- a) Con la especie a secar de madera, suave o dura, según el grueso, encontraremos la clave de temperatura (T-X) y la depresión (A a F -X).

Con estos dos datos entraremos a las tablas 1 y 2 ó 4 y 5, pero será necesario conocer el contenido de humedad de la madera con la cual podríamos determinar el paso intermedio en que nos encontremos, para continuar la operación hasta el punto deseado.

Pero, en la mayoría de los casos tendremos un contenido de humedad alto y partiremos del primer paso.

En la tabla No. 8 podemos encontrar las claves de tiempo para el secado de madera de mayor uso, y con estos datos pasaremos a localizar en las tablas 6 y 7 los puntos con los cuales trabajaremos en la estufa.

La tabla No. 3 la utilizaremos para maderas con un contenido de humedad mayor al 100%, estos valores se sumarán a la depresión obtenida en las programaciones normales.

Es muy conveniente en la operación de la estufa, elaborar una hoja de control para la especie a secar, en base a los datos informativos presentados, la cual servirá de guía al operador. Todos los programas podrán ser modificados como mencionamos con anterioridad, con una buena observación y el acondicionamiento de la instalación de la estufa.

TABLA 1.- PROGRAMA GENERAL PARA MADERAS SUAVES.

Temperatura paso No.	Humedad contenida al iniciar paso %	Temperaturas bulbo seco plan No.--													
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14
		°F.	°F.	°F.	°F.	°F.	°F.	°F.	°F.	°F.	°F.	°F.	°F.	°F.	°F.
1	Arriba 30	100	100	110	110	120	120	130	130	140	140	150	160	170	180
2	30	105	110	120	120	130	130	140	140	150	150	160	170	180	190
3	25	105	120	130	130	140	140	150	150	160	160	160	170	180	190
4	20	115	130	140	140	150	150	160	160	160	170	170	180	190	200
5	15	120	150	160	180	160	180	160	180	160	180	180	180	190	200

TABLA 2.- DEPRESIONES BULBO HUMEDO PLAN PARA MADERAS SUAVES.

Depresion bulbo humedo paso No.	Contenido de humedad al iniciar el paso contenido clase .-					
	A	B	C	D	E	F
	% Arriba 30	% Arriba 35	% Arriba 40	% Arriba 50	% Arriba 60	% Arriba 70
1	30	35	40	50	60	70
2	25	30	35	40	50	60
3	20	25	30	35	40	50
4	15	20	25	30	35	40
5	10	15	20	25	30	35

Depresión bulbo húmedo plan No.

1	2	3	4	5	6	7	8
°F.							
3	4	5	7	10	15	20	25
4	5	7	10	14	20	30	35
6	8	11	15	20	30	40	50±
10	14	19	25	35	50±	50±	50±
25	30	35	40	50±	50±	50±	50±
50±	50±	50±	50±	50±	50±	50±	50±

TABLA 3.- DEPRESIONES BULBO HUMEDO PROGRAMA PARA MADERAS DURAS.

Depresión Bulbo humedo paso No.	Contenido hume- dad al iniciar paso	Depresión bulbo húmedo para depresión bulbo húmedo del pro- grama No. --							
		1	2	3	4	5	6	7	8
	Z	°F.	°F.	°F.	°F.	°F.	°F.	°F.	°F.
1	Verde (V)	3	4	5	7	10	15	20	25
2	2/3 V.	4	5	7	10	14	20	30	35
3	2/3 V.-10	6	8	11	15	20	30	40	50±
4	2/3 V.-20	10	14	19	25	35	50±	50±	50±
5	2/3 V.-30	25	30	35	40	50±	50±	50±	50±
6	2/3 V.-40	50±	50±	50±	50±	50±	50±	50±	50±

TABLA 4.- PROGRAMA GENERAL PARA MADERAS DURAS.

Temperatura paso No.	Humedad Contenida al iniciar paso. %	Temperaturas bulbo seco plan No.--													
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14
		°F.	°F.	°F.	°F.	°F.	°F.	°F.	°F.	°F.	°F.	°F.	°F.	°F.	°F.
1	Arriba 30	100	100	110	110	120	120	130	130	140	140	150	160	170	180
2	30	105	110	120	120	130	130	140	140	150	150	160	170	180	190
3	25	105	120	130	130	140	140	150	150	160	160	160	170	180	190
4	20	115	130	140	140	150	150	160	160	160	170	170	180	190	200
5	15	120	150	160	180	160	180	160	180	160	180	180	180	190	200

TABLA 6.- PROMEDIO TIEMPO TEMPERATURA PARA PROGRAMACION MADERA SUAVES.

Intervalo de tiempo		Temperatura bulbo seco para plan No.											
A	B	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
Hr.	Hr.	°F.	°F.	°F.	°F.	°F.	°F.	°F.	°F.	°F.	°F.	°F.	°F.
0 - 12	0 - 24	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170
12 - 24	24 - 48	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175
24 - 36	48 - 72	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180
36 - 48	72 - 96	130	135	140	145	150	155	160	165	170	180	180	190
48 - 60	96 - 120	140	140	150	150	160	160	170	170	180	180	190	190
60 - 72	120 - 144	150	150	160	160	170	170	180	180	180	190	190	200
72 - final	144 - final	160	160	160	160	170	180	180	180	190	190	200	200

TABLA 7.- PROMEDIO TIEMPO DEPRESION BULBO HUMEDO PARA PROGRAMACION
EN MADERAS SUAVES DEPRESION BULBO HUMEDO PARA PLAN No.

Intervalo de tiempo		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
A	B	°F.							
Hr.	Hr.								
0 - 12	0 - 24	3	4	5	7	10	15	17	20
12 - 24	24 - 48	3	5	7	10	15	20	23	25
24 - 36	48 - 72	6	7	10	15	20	25	30	30
36 - 48	72 - 96	9	10	15	20	25	30	30	35
48 - 60	96 - 120	12	15	20	25	30	30	35	43
60 - 72	120 - 144	18	20	25	30	35	35	43	50±
72 - final	144 - final	25	30	30	35	50±	50±	50±	50±

TABLA 8.- PROMEDIOS DE TIEMPOS DE ALGUNAS MADERAS SUAVES DE 1", 1-1/2", 2".

ESPECIES	4/4			6/4			8/4		
	Clave NO.	Depresión máxima, °F	Tiempo total Hr.	Clave No.	Depresión máxima °F	Tiempo total Hr.	Clave No.	Depresión máxima °F	Tiempo total Hr.
Pino blanco	BS6-BK5		139				BS7-BK4		224
Ponderosa:									
Norte	AS7-AK7	30	48	AS5-BK7	33	100			
Sur	AS5-AK7	30	60	BS4-BK6	28	101	BS2-BK5	30	174
Amarillo	BS11-BK5		67				AS11-BK6		100
Azúcar	AS6-AK7		55	BS5-BK7		154	BS1-BK6		228
Blanco oeste	AS7-AK6		58				BS4-DK6	22	204
Pinabete	AS6-BK6		102						
Abeto	AS5-BK7		37				AS6-AK6	25	54
Sitka	AS4-BK5		48						

INDICE DE CLAVES DE TEMPERATURA Y DEPRESION
QUE SE RECOMIENDAN EN LA FORMACION DE PLANES
PARA MADERAS DURAS EN GUESOS HASTA DE 8/4.

MADERAS DURAS

ESPECIE	GRESOS 4/4, 5/4, 6/4		GRESO 8/4	
	TEMPERATURA	DEPRESION	TEMPERATURA	DEPRESION
Alamo (tambón)	T 12	E 7	T 10	E 6
Algarbarro	T 6	A 3	T 3	A 1
Arce (azúcar) duro	T 8	C 3	T 5	C 2
Aliso (rojo)	T 10	D 4	T 8	D 3
Abedul (amarillo)	T 8	C 4	T 5	C 3
Abedul (papel)	T 10	C 4	T 8	C 3
Castaño (americano)	T 10	E 4	T 8	E 3
Caoba	T 6	C 4	T 4	C 3
Chopo (negro) normal	T 10	F 5	T 8	F 4
Encino (blanco)	T 4	C 2	T 3	C 1
Encino (rojo)	T 4	D 2	T 3	D 1
Encino (negro)	T 4	E 2	T 3	E 1
Encino (rojo del sur)	T 2	C 1	-	-
Fresno (negro)	T 8	D 4	T 5	D 3
Fresno (blanco)	T 8	B 4	T 5	B 3
Haya	T 8	C 2	T 5	C 1
Hickory (verdadero)	T 8	D 3	T 6	D 1
Hicory (pecanero)	T 8	D 3	T 6	D 1
Nisa (negro)	T 12	E 5	T 11	D 3
Nispero	T 6	C 3	T 3	C 2
Nogal (negro)	T 6	D 4	T 3	D 3
Madroño	T 4	B 2	T 3	B 1
Magnolia	T 10	D 4	T 8	D 3
Olmo (americano)	T 6	D 4	T 5	D 3
Ocozal	T 12	F 5	T 11	D 4
Ocozal (rojo)	T 8	C 4	T 5	C 3
Sauce (negro)	T 10	F 4	T 8	F 3
Tilo (americano)	T 12	E 7	T 10	E 6

PERIODOS DE SECADO PARA MADERA DE UNA PULGADA

Especies	Días de secado al aire para aproximada mente 20 % de humedad	Días de secado en estufa desde 20 % hasta 6 % de humedad	Días de secado en estufa desde verde hasta 6 % de humedad
Maderas duras			
Encino ó Roble	240-300	6-12	20-30
Encino rojo	170-250	5-10	16-28
Encino	360-400	6-14	20-50
Abedul	150-200	5-8	11-15
Haya	150-200	5-8	12-15
Arce	150-200	5-8	11-15
Fresno Blanco	70-110	4-7	11-15
Ocozal	100-160	8-12	15-25
Ocozal	70-110	5-7	10-15
Nisa	70-110	5-7	6-12
Magnolia	60-100	4-6	10-15
Hickory	150-200	4-12	20-40
Olmo	80-130	4-6	10-15
Chopo	40-70	3-6	6-10
Tilo	30-60	3-5	6-10
Cerezo	150-200	5-7	10-14
Castaño	85-125	4-8	8-12
Nogal	120-170	5-8	10-16
Caoba	70-110	4-7	12-15
Rosa Morada	...	15-20	24-28
Ebano	...	20-30	...
Cocobolo	...	17-24	26-30
Maderas suaves			
Pino	40-70	2-4	3-5
Pino Ponderosa	45-90	3-5	3-6
Pino Blanco	60-150	2-3	4-6
Pino Azúcar	45-90	3-5	4-10
Abeto	45-90	3-5	4-7
Ciprés	200-275	4-8	10-20
Sequoia	60-180	3-7	10-24
Pinabete	45-90	2-4	3-5
Abeto Americano	60-120	2-4	3-5
Cedro	50-140	4-7	10-15

INDICE DE CLAVES DE TEMPERATURAS Y DEPRESIONES QUE SE RECOMIENDAN
EN LA FORMACION DE PLANES PARA MADERAS
SUAVES, EN GRUESOS HASTA. DE 8/4

<u>ESPECIE</u>	<u>CALIDADES</u>		<u>INTERIORES</u>	<u>CALIDADES SUPERIORES</u>		
	4/4	6/4	8/4	4/4	6/4	8/4
Abetos				T11-B4		T10-B3
Abetos (Stika)	T7-A5			T12-B5	T12-B4	T11-B3
Alerce o Lárice del oeste)	T7-D5		T7-D5	T9-B4	T7-C4	T7-C3
Cedro (blanco del atlántico)				T12-A4		T11-A3
Cedro (rojo del -) oeste pesado)				T5-F4		T5-F3
Cedro (incienso)				T11-B5		T10-B4
Cedro Port Oxford				T11-B4		T10-B3
Pinabete (bálsamo)				T12-E5		T10-E4
Pinabete (rojo)				T12-E5		T10-E4
Pinabete (grande)				T12-E5		T10-E4
Pinabete (blanco)	T9-D6		T9-D5	T12-E5	T11-E5	T10-E4
Pinabete (Douglas de la costa)	T7-A4		T7-A4	T11-A4		T10-A3
Pino (ponderosa, duraman)	T9-A6	T7-A5	T5-A5			
Pino albura	T11-C7			T9-D6	T7-D6	T7-D5
Pino (Para evitar la mancha café)				T7-E6		T7-E5
Pino (blanco del oeste)	T9-D6		T7-D6	T9-D5		
Sabino Ahuehuate				T12-E3		T11-D2

SERVICIO METEOROLOGICO MEXICANO.

" TEMPERATURA MEDIA ".

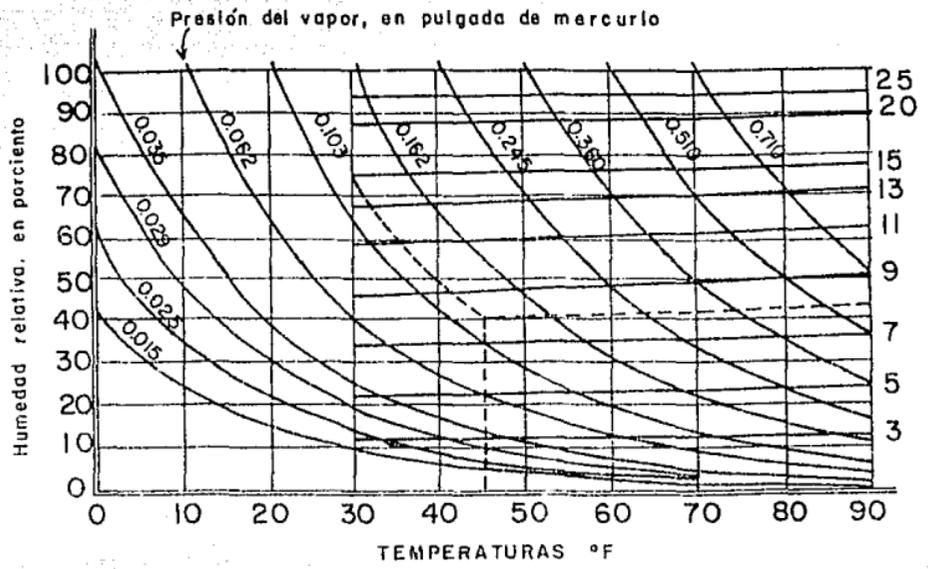
	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	PROM. ANUAL.
1979	13.0	14.4	16.3	18.7	18.8	16.6	15.9	16.3	15.7	14.7	14.1	13.3	15.6
1980	13.3	16.1	17.6	16.1	17.9	17.7	16.4	16.6	16.2	15.7	13.5	13.4	15.9
1981	14.1	13.5	17.1	19.1	17.4	17.9	15.8	17.4	15.7	13.5	13.7	12.7	15.7
1982	13.4	16.4	17.4	19.2	18.0	16.4	16.8	16.9	16.3	14.0	13.6	12.4	15.8
1983	11.8	13.9	17.3	17.4	18.6	17.7	15.8	15.4	16.5	14.2	14.5	13.1	15.6
1984	17.5	14.1	14.5	17.4	19.2	17.8	16.5	16.5	16.1	15.1	12.5	12.5	15.8
1985	12.1	14.2	16.2	17.7	18.5	17.9	16.2	15.9	15.3	14.5	14.0	13.8	15.5
1986	12.7	12.9	15.5	17.1	18.1	17.4	15.9	16.5	16.3	15.7	13.7	13.5	15.44

SERVICIO METEREOLÓGICO MEXICANO.

TACUBAYA, D.F.

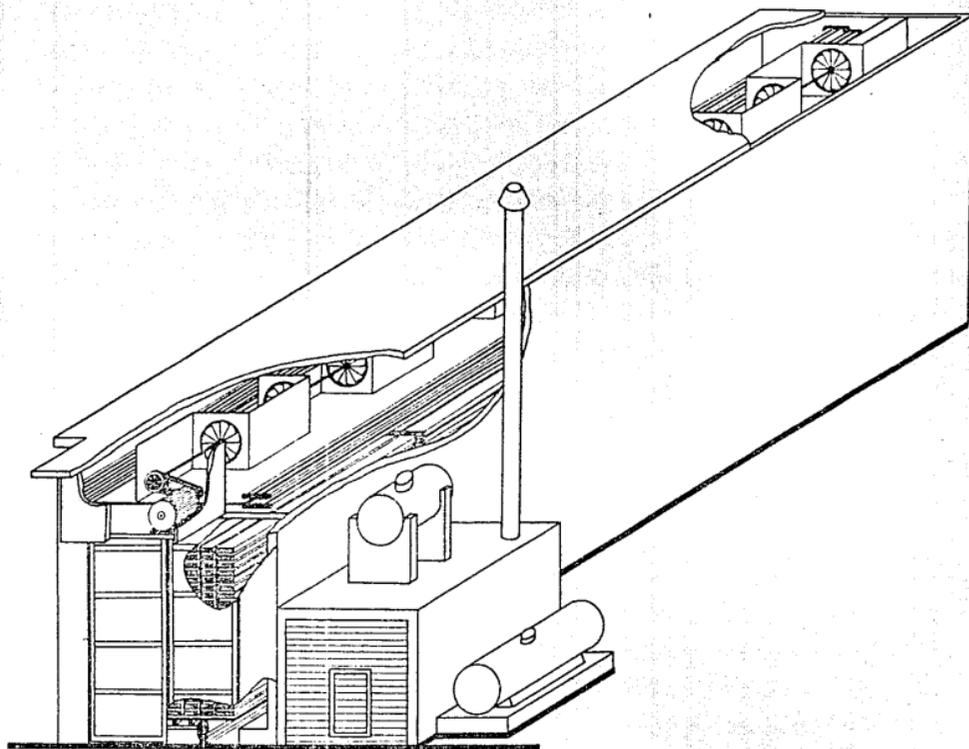
" HUMEDAD RELATIVA % MEDIA "

	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.
1979	63	50	47	48	49	72	76	71	74	67	67	61
1980	56	49	45	54	52	60	69	69	73	68	59	63
1981	54	43	51	46	58	67	76	79	78	80	66	66
1982	67	53	52	49	59	70	71	64	71	63	67	64
1983	56	44	38	46	50	59	69	74	67	63	52	58
1984	50	49	49	47	50	59	68	69	66	64	55	52
1985	51	44	45	45	51	59	69	71	75	67	55	57
1986	56	54	43	56	59	65	71	67	72	67	65	60
SUMA	453	386	370	391	428	511	589	564	576	539	486	481
PROM.	56.6	48.2	46.2	48.8	53.4	63.8	73.6	70.4	72	67.3	60.75	60.12

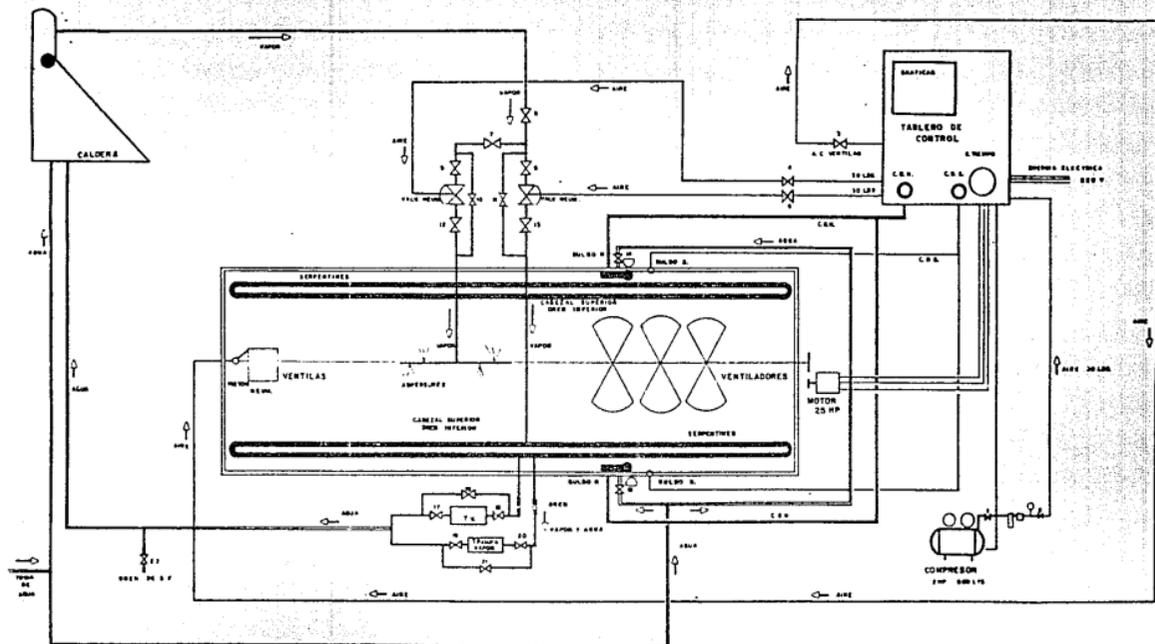


Relación del contenido de humedad en equilibrio de la madera la temperatura y humedad relativa de la atmósfera ambiente.

(U. S. Forest Service)



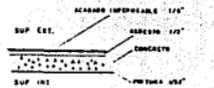
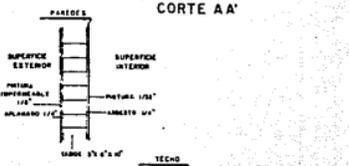
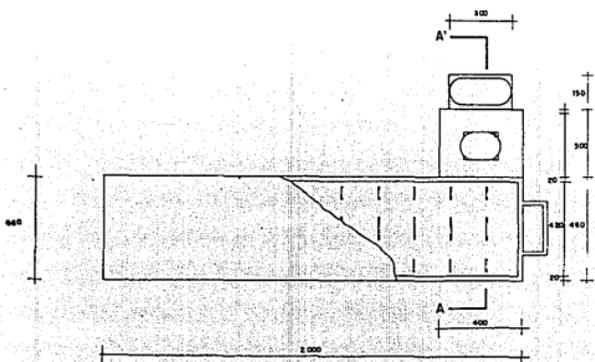
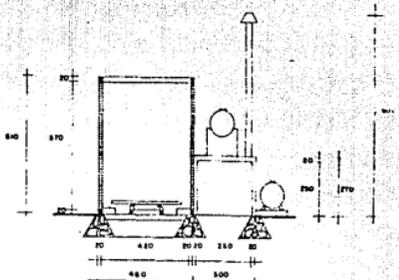
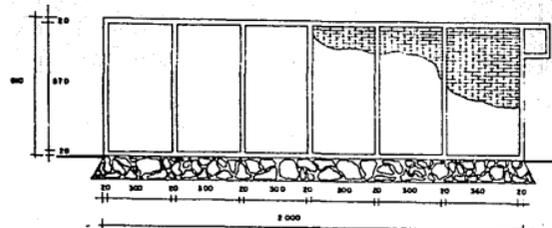
TESIS PROFESIONAL	
ESC SIN	ESTUFA PARA MADERA
ACOT: SIN	PL. VSM/CTM
ULSA	MEDIA INGENIERIA GRADO C



TESIS PROFESIONAL

ESC: ESTUFA PARA MADERA
 ACOT: PLI CONTROL Y MOVIMIENTO
 DE FLUIDOS EN GENERAL

ULSA MEDINA RODRIGUEZ JORGE C.



TESIS PROFESIONAL	
ESC 1:75	ESTUFA PARA MADERA
ACOT. C.M.	PLA. CIMENTACION Y DETALLER CONSTRUCCIONES
U LSA	VERENA RODRIGUEZ JORRAL C

C A P I T U L O V

ANALISIS ECONOMICO.

El costo de nuestra instalación la manejaremos por partidas cómo a continuación se indica:

PARTIDA # 1

Caldera de 100 caballos Caldera.
Marca Cleaver Broks Mod C-BH-100-100 com--
bustible diesel 1568 kgv/hr presion de di--
seño 10.5 kg/cm² presion de trabajo 7kg/cm²

C O S T O \$ 33,500,000⁰⁰

PARTIDA # 2

Equipo Auxiliar.
Tanque receptor de condensados lotes de --
valvulas especiales 2 tipo Chek 1 tipo glo
bo, 1 valvula de cierre rapido y otra de --
cierre lento, transferencia de circuito de
control, bomba de alimentación y acopla --
mientos.

COSTO \$ 4,600,000⁰⁰

PARTIDA # 3

Equipo de suavización de agua.

COSTO \$ 1,340,000⁰⁰

PARTIDA # 4

Chimenea de la caldera.
6mts. de altura 12" de diametro.

COSTO \$ 460,000⁰⁰

PARTIDA # 5

Tanque de almacenamiento de com-
bustible capacidad 7000 lts.

COSTO \$ 1,320,000⁰⁰

PARTIDA # 6

Tablero de control con registradores gráficos para operación neumática, - con dispositivos, sensores de temperatura - para la operación de válvulas, con selector ajustable para operación de válvulas de - control, termómetros de bulbo seco y humedo con cable.

COSTO \$ 6,574,000⁰⁰

PARTIDA # 7

Tubería de 1" para serpentines - tipo aletados (Tubos Flux) aletas de aluminio reforzadas diámetro exterior 2 1/4" - 216 mts. a 21,000 m lineal.

COSTO \$ 4,536,000⁰⁰

PARTIDA # 8

Conjunto de 10 ventiladores de - 36" con flecha de 1 1/2", rodamientos y soportes SKF.

COSTO \$ 5,596,000⁰⁰

PARTIDA # 9

Motor electrico para ventiladores 25 hp. 4 polos Marca Siemens.

COSTO \$ 850,000⁰⁰

PARTIDA # 10

Control de tiempo marca S.D. según modelo (2 minutos de paro).

COSTO \$ 250,000⁰⁰

PARTIDA # 11

Seis trampas de vapor marca Armstrong. modelo 213 de 250 lbs. con entradas para tubería de 1" con conexión de brida.

COSTO \$ 510,000⁰⁰

PARTIDA # 12

Accesorios de la instalación: -
Tubo para líneas de control de 1/4" diame--
tro exterior, soportes de tubería, cabeza--
les de entrada, tubería caldera secadora.

COSTO \$ 1,350,000⁰⁰

PARTIDA #13

Entre piso y laminas deflectoras
de flujo de aire.

COSTO \$ 830,000⁰⁰

PARTIDA # 14

Plataformas de carga (son cuatro).

COSTO \$ 2,120,000⁰⁰

PARTIDA # 15

Compresora para sistema de control
de 2hp. y tanque 500 lts.

COSTO \$ 1,500,000⁰⁰

PARTIDA # 16

Ventilas y valvula y sistema de -
accionamiento.

COSTO \$ 320,000⁰⁰

PARTIDA # 17

Construcción civil, con aislamien
to (segun planos) \$45,000⁰⁰ m² (100 m² aprox)

COSTO \$ 4,500,000⁰⁰

Fletes transportes y varios \$ 1,000,000⁰⁰

T O T A L \$ 71,156,000⁰⁰

CONCLUSIONES

Para terminar este estudio podríamos concluir lo siguiente.

Además de las conclusiones ya mencionadas de la política forestal en México podemos hacer las siguientes observaciones:

- 1ª) En el concepto de las Industrias de productos de Madera, ya sean fábricas de Triplay, muebles, duelas y productos derivados de la madera en general, podemos decir que es muy conveniente manejar maderas tratadas es decir protegidas contra insectos y hongos, teniendo así una materia prima selecta y aumentando la calidad de los productos a producir esto se logra si desfleamos (cocer la madera) estufamos y tratamos químicamente la madera.

Para el logro de una materia prima de optima calidad solo hay que seguir unas pequeñas reglas para su obtención.

- a) La obtención de la Madera.

El apeo de los árboles debe hacerse en invierno porque es la época en que el tronco del árbol tiene menos substancias que pueden servir de alimento a insectos o a hongos, además el movimiento y manejo de la troza en México es mucho más facil en el invierno que en época de lluvias (verano).

De aquí las trozas son mandadas a los que llamamos traspieso de la Madera (corte en tablas) si se obtiene una sola pieza se le conoce como enterizo.

- b) En este inciso cabe mencionar algunas de las enfermedades de la madera.

Enmohecimiento de la Madera: cuando el porcentaje de humedad y la temperatura son adecuados para el desarrollo de los hongos estos se multiplican a expensas de la madera, destruyendola.

La madera saturada de agua, bien sea que se trate de árboles en Pie o sumergida en agua es inatacable, y lo mismo sucedera cuando la humedad es inferior al 20%.

Los Mohos son unos hongos sin clorofila que se desarrollan formando un tejido membranoso, cuando la madera esta en lugares falto de Luz y ventilación y a una temperatura de 20 a 30° c.

Mueren a una temperatura de 100° c. lo mismo si baja a 0°c. pues a esta temperatura no existe vegetación.

La destrucción de ña madera por el hongo produce agua al descomponerse la celulosa contribuyendo en esta forma a la formación de un medio favorable al cultivo.

La pudrición es la destrucción de la madera producida por hongos y esta se clasifica por la coloración que le da a la madera:

Pudrición Azul: Los hongos comunican a la madera atacada un color azul en la albura de los árboles resinosos, apeados y que se tarda mucho en ser descortezados. Esta madera una vez tratada puede ser usada en construcción.

Pudrición Roja : Es producida por hongos que destruyen la celulosa reduciendo la madera a un polvo obscuro rojo atacando lo mismo a la madera viva que a la cortada sometida a alternativas de humedad y sequedad.

DESTRUCCION DE LA MADERA POR INSECTOS

Las larvas y Orugas de ciertos insectos, atacan la madera de los árboles en Pie o apeados, preferentemente substancias alimenticias, produciendo una serie de galerias debe citarse la larva de la carpoma.

Las maderas debidamente tratadas no son atacadas por la mayoria de los insectos xilofagos.

Conociendo algo de lo de las enfermedades de la madera, podemos mencionar lo eficiente que será el estufar la madera obteniendo así la reducción de un 50% de su peso aproximadamente y evitando sus enfermedades y así poder contar con una materia prima de buena calidad y lista para trabajar.

Los procesos para fabricación de triplay, aglomerados y fibraccies son diferentes al tratamiento de la Madera.

Por lo tanto el enfoque de este estudio fue el control de la temperatura, aire y humedad para el estufado de la madera.

Ahora bien la explotación de la madera en México no tiene un control debido esto a la larga podría dejarnos sin esa materia prima tan valiosa para nuestro País. En estos momentos y en muchos casos es más barato importar madera de Brasil, Chile y E.U.A. que comprar aquí en México.

Se oye de la destrucción de ña selva Lacandona, de la tala inmoderada - etc.

Pero creo que teniendo una buena organización y una tala organizada de árbol maduro y la consecuente reforestación minima de diez por uno, nuestra materia prima sería inagotable, un mejor manejo de los permisos forestales y un control total de la madera " contrabandeada " nos dará una mejor perspectiva en nuestra materia prima en lo sucesivo.

México tiene muchas fuentes de recursos inagotables, siempre y cuando lo gremos tener un equilibrio debido y organizado.

No perdiendo de vista a la madera como una materia prima preciosa de primera necesidad, solo hay que cuidarla.

B I B L I O G R A F I A .

- * LA INDUSTRIA MADERERA. NELSON C. BROWN.
JALES S. BETHEL.
- * EL ESTUFADO DE LA MADERA. GUILLERMO FERNANDEZ.
- * CRANE NUMBER 60 CRANE, CO.
- * THERMODYNAMIC PROPERTIES OF STEAM. JOSEPH H. KEENAN.
FREDERICK G. KEYES.
- * THERMODYNAMICS. HAWKINS.
- * THE AIR SEASONING AND KILN DRYING OF WOOD HIRAM L. HENDERSON
B.S.
- * KILN SCHEDULES AND DRYING TIME. UNITED STATES DEPARTMENT
OF AGRICULTURE FOREST
SERVICE.
- * MOISTURE CONTENT OF WOOD IN USR. E.C. PECK
FOREST PRODUCTS
LABORATORY
FOREST SERVICE U.S.
DEPARTMENT OF AGRICULTURE.
- * LA INDUSTRIA FORESTAL DE MEXICO 1984. CAMARA NACIONAL DE LAS INDUS
TRIAS DERIVADAS DE LA SILVI-
CULTURA.
- * MEMORIA ECONOMICA ANUAL 1984. CAMARA NACIONAL DE LAS INDUS
TRIAS DERIVADAS DE LA SILVI-
CULTURA:
- * ANUARIO DE LA PRODUCCION FORESTAL DE MEXICO AÑO 1984. SECRETARIA DE AGRICULTURA
Y GANADERIA.

