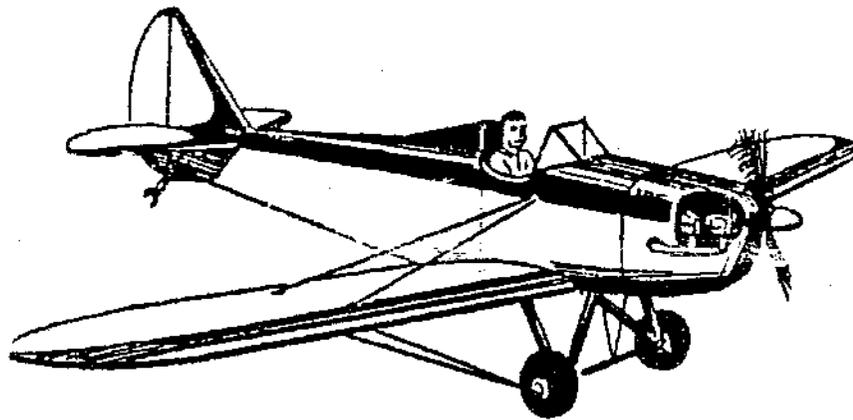


EAA

FILIAL 722

Argentina

EXPERIMENTALES AERONAVES ASOCIACION
EXPERIMENTAL AIRCRAFT ASSOCIATION



FLY BABY Peter M. Bowers

9

MADERA

Por Carlos A. Lorenzo

GENERALIDADES SOBRE LA MADERA

Para poder seleccionar el tipo de madera mas adecuada para cada uno y para cada trabajo, es esencial el conocimiento de las características del material. Para ello daremos un resumen de la información básica sobre su **ESTRUCTURA**: La madera está formada por haces de fibras tubulares que siguen una dirección paralela al tronco del árbol. Tales fibras están cruzadas por otras llamadas rayos medulares, que van desde el centro o médula del tronco, hasta la corteza y sirven para mantener unidas las fibras longitudinales. Al irse añadiendo cada año una nueva capa de fibras al tronco, se forman unos anillos concéntricos denominados anillos anuales.

En la Fig. Nº 1 podemos ver una sección parcial de un tronco de árbol donde se localizan las distintas partes que se presentan en un tronco;

MEDULA: Es la parte central del tronco de distinto color y menos resistente que el duramen.-

DURAMEN: Esta parte del tronco situada entre la médula y la albura, proporciona el mejor material para la construcción de objetos de madera.-

ALBURA: Está formada por los anillos anuales más recientes y situada entre el duramen y el liber.-

LIBER: Es el último anillo anual.

CORTEZA: Es la capa externa que protege el tronco del árbol.

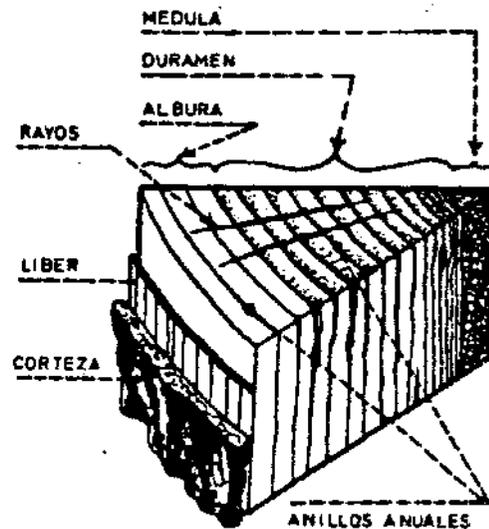


Fig. 1

CURADO DE LA MADERA

Es esencial que la madera esté bien curada antes de su empleo. Los métodos más usuales para el curado o SECADO de la madera son los siguientes:

SECADO NATURAL: En este procedimiento la madera serrada se expone al aire libre cuidadosamente apilada para que el secado sea uniforme.

CURADO POR LAVADO: Un método algo más rápido de curado consiste en sumergir la madera en agua corriente durante un mes aproximadamente. El agua entra por los poros y elimina la savia por lavado. Después la madera se seca al aire libre.-

SECADO ARTIFICIAL: En este procedimiento la madera se coloca en cámaras de secado (hornos) y se hace circular por ellas una corriente continua de aire caliente. Para algunas maderas se utiliza vapor de agua en lugar de aire caliente. Este es el más rápido de los procedimientos de secado.-

DEFORMACIONES DE LA MADERA

Durante el secado o curado, la madera experimenta cambios que producen la contracción y alabeo de los tablones. En la Fig. Nº 2 podemos apreciar el efecto de contracción o MERMA radial y tangencial que sufren las secciones de distintas formas de los tablones, de acuerdo a su ubicación en el tronco. Como es fácil deducir el mejor corte para el uso en construcciones aeronáuticas (principalmente largueros) es el de veta vertical que se muestra a la izquierda, que es el óptimo para ser usado en los largueros y elementos estructurales.

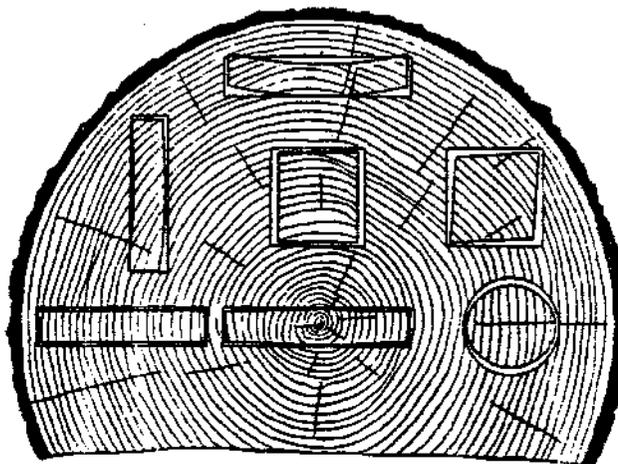


Fig. 2

Con el fin de aprovechar al máximo un tronco cortado en tablonés que tengan veta vertical, se suele usar el método de «serrado radial» que se muestra en la Fig Nº 3.-

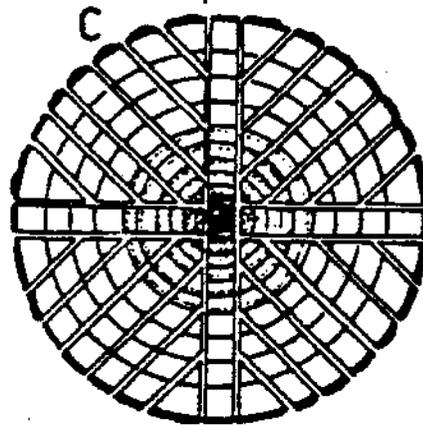


Fig. 3

PROPIEDADES DE LA MADERA PARA USO AERONAUTICO

Para saber seleccionar y conocer la madera que utilizaremos en la construcción de nuestros aviones experimentales o ultralivianos, me remitiré a copiar textualmente del libro «NORMAS PARA EL MANTENIMIENTO, REPARACION Y MODIFICACION DE AERONAVES CIVILES», las propiedades que deben reunir la madera para uso aeronáutico.

DEFECTOS ACEPTABLES

DESVIACION DE LAS FIBRAS: Las fibras (vetas) en espiral, fibras en diagonal o combinación de las dos, son aceptables siempre que ellas no diverjan del eje longitudinal del material más de 1:15, esto es por ejemplo: 6,5 cm en 100 cm de largo.

Para determinar el grado de divergencia, es necesario inspeccionar las cuatro caras de las piezas de madera. Si se esparce tinta sobre la superficie el libre flujo de ella ayudará para determinar la dirección de las fibras.-

FIBRAS ONDULADAS, RIZADAS O ENTRELAZADAS: Estas son aceptables siempre que las irregularidades no excedan las limitaciones establecidas para las fibras en espiral o diagonal.-

NUDOS DUROS: Los nudos duros hasta 9 mm de diámetro son aceptables siempre que:

a) No estén ubicados en las alas de las vigas; sobre los cantos de las vigas rectangulares o vigas achaflanadas sin orificios, o sobre las aristas de las platabandas de las vigas de cajón (excepto en aquellas secciones sometidas a pequeños esfuerzos);

b) Que no causen mayor divergencia de la fibras por los cantos de las planchas o en las platabandas de una viga, mayores de 1:15;

c) Que estén en el tercio central de la viga y no más próximo 50 cm de otro nudo o defecto (esto se aplica a nudos de 9 mm, los nudos de menor diámetro pueden estar proporcionalmente más próximos). Los nudos mayores de 6 mm deberán ser considerados con gran precaución.-

VETA ALREDEDOR DE LOS NUDOS: Las vetas de pequeña extensión alrededor de los nudos, son aceptables siempre que ellas afecten solamente en pequeña cantidad la dirección de las fibras.-

DEPOSITO DE RESINA: Ellos son aceptables cuando estén localizados en la porción central de una viga, siempre que estén 35 cm por lo menos; si están ubicados en el mismo anillo anual y no excedan de 3 mm de ancho y 3 mm de profundidad; siempre que no estén ubicados en las alas de una viga doble T, sobre los cantos de vigas rectangulares o vigas achaflanadas sin alivianar o sobre las aristas de las platabandas de la vigas de cajón.-

VETAS MINERALES: Son aceptables siempre que una cuidadosa inspección no evidencie descomposición del material (putrefacción).-

DEFECTOS INACEPTABLES

NUDOS LONGITUDINALES: Estos nudos se extienden completamente a través del espesor de la viga, perpendicularmente a los anillos anuales. Se presentan con mayor frecuencia en la madera cortada en cuartos. La madera con estos defectos deberá ser rechazada.

GRIETAS Y RAJADURAS: Las grietas que se producen naturalmente en la madera son siempre longitudinales, pero ellas pueden extenderse a través de los anillos anuales o entre dos anillos anuales. Las rajaduras son causadas por la acción de esfuerzos exteriores. La madera que presenta estos defectos deberá ser rechazada.-

FRAGILIDAD DE LA MADERA: Este defecto afecta considerablemente la resistencia y no es fácil de reconocer. Se caracteriza porque la madera tiene un alto peso específico y evidencia el excesivo crecimiento del leño en verano y en la mayoría de las especies, el contraste de color entre los anillos de primavera y los de verano es muy pequeño. En los casos dudosos la made-

ra debe ser rechazada o seleccionarse muestras para ser sometidas a ensayos, para determinar su resistencia, a fin de establecer su calidad. Toda madera que contenga secciones en estado de fragilidad, deberá ser rechazada.-

FALLAS DE COMPRESION : Este defecto se encuentra en las maderas que han estado sometidas a un exceso de esfuerzos de compresión debido a causas naturales durante el crecimiento del árbol, caída de los árboles sobre el terreno irregular o áspero o tratamiento rudo de los troncos o de la madera elaborada. Los defectos de compresión se caracterizan por el achatamiento de las fibras que presentan un aspecto dentado sobre la superficie, o ángulo recto de las fibras, variando desde fallas muy pronunciadas hasta líneas muy finas que requieren una inspección minuciosa para ser detectadas. La madera que presenta fallas evidentes deberá ser rechazada de inmediato. En los casos dudosos la madera deberá ser rechazada o efectuarse una inspección por examen microscópico o ensayo de resistencia al choque, siendo el último sistema el más digno de confianza.-

DESCOMPOSICION: Toda mancha o decoloración deberá ser cuidadosamente examinada para determinar si es inofensiva o si presenta descomposición (putrefacción, ataque de materias orgánicas, etc), preliminar o avanzada. Todas las piezas deberán estar exentas de putrefacción, duramen rojo o púrpura (mancha que indica putrefacción incipiente), etc., y de cualquier otra muestra de descomposición.-

Hasta aquí, la copia de «Normas para el mantenimiento ...» más conocido como MANUAL 18. Para completar las propiedades podemos agregar dos muy importantes.

CANTIDAD DE FIBRAS: Para el «SPRUCE», mínimo 6 fibras cada 25 mm de espesor. Optimo 15 fibras cada 25 mm. De esto se deduce que menor cantidad de fibras que el mínimo, la madera será blanda y no cumplirá los requisitos para uso aeronáutico. Por otra parte, una cantidad mayor de 25 fibras cada 25 mm, será una madera muy dura, astillable y más difícil de trabajar y de mayor peso específico.-

PESO ESPECIFICO DEL SPRUCE: Nunca debe ser menor de 0,400 Kg/dm³. El peso específico promedio es de 0,430 Kg/dm³. Recordemos que la fórmula es: P.E. = Peso/Volumen.-

CLASIFICACION DE MADERAS IMPORTADAS PARA USO AERONAUTICO

ESPECIE DE MADERA	RESISTENCIA COMPARADA CON EL SPRUCE	Desviación máxima per- misible de las fibras	OBSERVACIONES
Abeto o Spruce (Picea); Spruce rojo (P. Rubra); Spruce Sitka (P. Stitchensis); Spruce blanco (P. Glauca)	100%	1:15	Excelente para cualquier uso. Considerado como base para esta Tabla.
Pino abeto Dou- glas (rojo o del Pa- cífico) (Seodstuga Toxitolia).	Excede la del spruce	1:15	Puede ser usado para sustituir el spruce conser- vando las mismas dimensiones o ligeramente me- nores siempre que se haya comprobado ello por cálculos. Es difícil de elaborar por medio de he- rramientas de mano. Tiene tendencia a partirse y astillarse durante su elaboración, requiriendo considerablemente mayor cuidado en su elabora- ción. Deberá evitarse el uso de piezas sólidas de considerable dimensión por la dificultad para su inspección. Puede encolarse con facilidad.
Pino abeto Noble (Abies Nobiles)	Excede ligera- mente la del spruce excepto en corte en que es 80% menor.	1:15	Características satisfactorias para su elaboración. Resiste las deformaciones y no se agneta. Puede usarse para sustituir al spruce conservando las mismas dimensiones que éste, siempre que el es- fuerzo de corte no predomine. Su dureza es algo mayor que la del spruce. Encola con facilidad.
Pino abeto del Oeste (Tsuga Hete- rophyta)	Excede ligera- mente la del spruce	1:15	Su contextura es menos uniforme que la del spruce. Puede ser usada como sustituto del spruce. Encola con facilidad.
pino blanco del norte (Pinus Stro- bus).	Sus propiedades varían entre 85 y 96 % de las del spruce	1:15	Excelentes condiciones para elaborarlo. Uniformi- dad de sus propiedades, pero de baja dureza y poca resistencia al choque. No puede usarse co- mo sustituto del spruce sin aumentar sus dimen- siones para compensar su menor resistencia. Encola satisfactoriamente.
Cedro blanco (Cha- raecyparis Lawso- niana).	Excede las del spruce	1:15	Puede usarse como sustituto del spruce en las mismas dimensiones o ligeramente menores siempre que ello se haya comprobado por cálcu- los. Fácilmente elaborable con herramientas de mano. Aún cuando es difícil de encolar, pueden obtenerse ensambles satisfactorios si se toman las debidas precauciones.
Alamo amarillo (Li- riodendrow Tulipi- fera).	Ligeramente me- nor que los del spruce excepto en comprensión y corte.	1:15	Excelentes condiciones para elaborarla. No debe ser usada como un sustituto del spruce sin consi- derar cuidadosamente sus ligeramente menores propiedades de resistencia. Al choque su resis- tencia es algo reducida. Encola satisfactoriamente

Esta tabla es la fotocopia de la que aparece en el MANUAL 18 y en una parte del mismo dice: «SUSTITUCION DE ESPECIES: La especie de madera para efectuar una reparación, deberá ser igual a la original, siempre que sea posible. No obstante, en la tabla se dan los sustitutos permitidos».-

CLASIFICACION DE MADERAS ARGENTINAS COMPARADAS CON EL «SPRUCE»

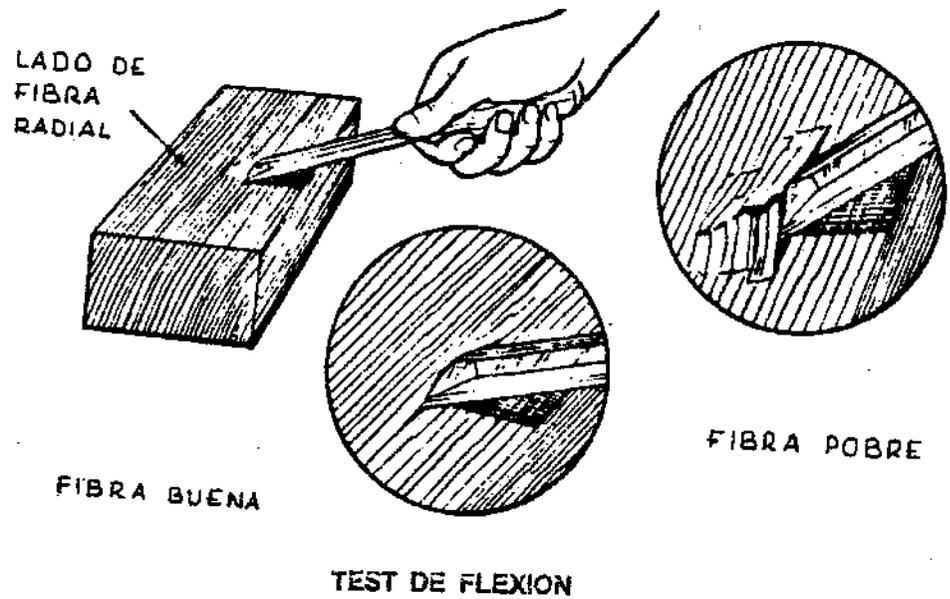
ESPECIE DE MADERA	Comprensión Kg/cm ²	Flexión Kg/cm ²	Choque Kg/cm ²	Peso Específico gr/cm ³
SPRUCE	370	146	1,20	0,43
ALERCE	370	150	1,10	0,51
ARAUCARIA DE NEUQUEN	400	193	1,50	0,57
BALSA	118	-	-	0,23
CEDRO DE MISIONES	400	182	1,70	0,58
CIPRES	400	126	1,50	0,47
GUINDO	420	165	2,00	0,60
LENGA	400	175	2,00	0,61
MAÑO o MAÑU	420	182	1,20	0,52
NOGAL TUCUMANO	430	192	1,50	0,55

Lamentablemente, esto es lo poco que se ha podido rescatar del estudio sobre maderas argentinas que realizó el INSTITUTO AEROTECNICO por los años 1944 a 1948. Por lo que se presume, han sido estudiados alrededor de 30 clases de maderas diferentes y agradecería quien pueda tener mas datos sobre estos informes del Instituto Aerotécnico, los hagan llegar a la E.A.A. Argentina, para poder confeccionar una completa bibliografía sobre el tema y darle la difusión necesaria para que no se siga desperdiciando tiempo y dispersando esfuerzos en estudios ya realizados. Por ejemplo, sería interesante tener las características y probetas realizadas del «PINO PARANA» o «PINO BRASIL», que pienso puede reemplazar eficientemente al pino «SPRUCE».-

COMPROBACION DE LAS PROPIEDADES

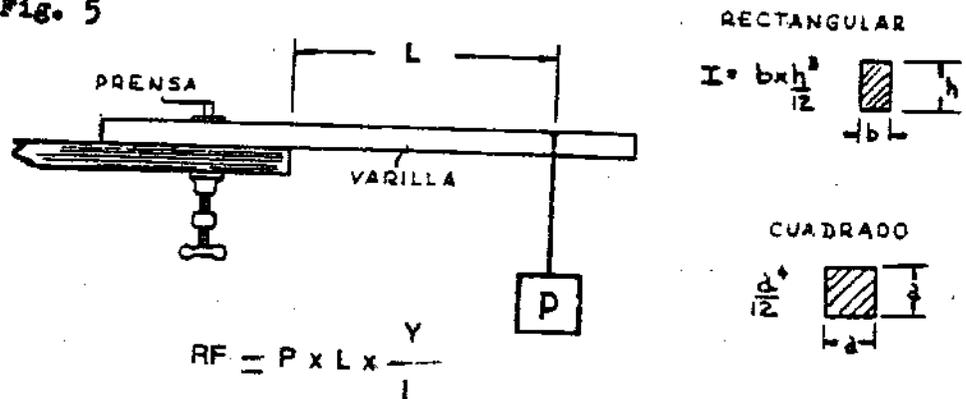
Una vez tenidas en mente todas las propiedades y características que debe reunir una madera para uso aeronáutico, vamos a la maderera y luego de elegir un tablón que reúna las características deseadas (que tenga veta vertical, que la desviación de la veta no sea mayor de 6,5 cm en 1 m, que tenga más de 8 fibras cada 25 mm, que no tenga nudos, que no presente

manchas o decoloraciones), le haremos como prueba adicional, el «Test de la fibra» que gráficamente está explicado en la Fig. Nº 4, el que nos demuestra que la fibra tiene que ser resistente y no quebradiza.-



Otra comprobación que debe realizarse, máxime si la madera elegida no es el SPRUCE, es el test de carga a la flexión que se muestra en la Fig Nº 5. Para explicarlo mejor, daremos un ejemplo práctico: supongamos que hemos conseguido un tablón de «HEMLOCK» que reúne todas las características antedichas. Cortamos de él una varilla de 1 x 2 x 150 cm y si hacemos el siguiente TEST DE RESISTENCIA A LA FLEXION (FIG Nº 5):

Fig. 5



donde:

P = Peso o masa en Kg L = Longitud o brazo 100 cm

$$Y = \frac{h}{2} - \frac{2}{2} = 1$$

$$I = b \times \frac{h^3}{12} = 1 \times \frac{8}{12} = 0,666$$

*Si al cociente $\frac{Y}{I}$
Lo llamamos N*

$$N = \frac{1}{0,666} = 1,50$$

DESPEJANDO P tenemos: $P = \frac{RF}{N} \times L$ $P = \frac{560}{1,5} = 3,733 \text{ Kg}$

Resistencia a la Flexión:

Pino «Spruce»	440 Kg/cm ²
Pino «Douglas»	560 Kg/cm ²
Pino «Hemlock»	560 Kg/cm ²

CONCLUSION: Si realizamos una probeta de Resistencia a la Flexión a una varilla de Hemlock de 2 x 1 cm y le suspendemos un peso de 3,733 Kg al final de 100 cm de brazo, si la madera no se rompe, es suficientemente buena.-

Es de hacer notar que esta fórmula puede ser usada para calcular diversos largueros de madera sólida: Conociendo la semi-envergadura de nuestro avión y los Kg de acuerdo a los «G» que queremos cargar la estructura, llegaremos a una relación de N que sea apta para nuestros requerimientos.-

MADERA TERCIADA PARA USO AERONAUTICO

Comunmente, las terciadas utilizadas en construcciones aeronáuticas están fabricadas con maderas de ABEDUL o CAOBA. En la Argentina las escasas hojas de terciada que se ven, fueron importadas hace muchos años desde Finlandia y son de ABEDUL. No obstante, las últimas buenas noticias que tengo, es que han comenzado a fabricarlas en el País.-

Por su parte el INSTITUTO AEROTECNICO también ha realizado estudios con terciadas fabricas con maderas Argentinas, siempre entre los años 1944/48. Recordemos que por ese entonces D.I.N.F.I.A. tenía bajo construcción o en desarrollo varios aviones construidos con madera. Por taf

causa, el Instituto dio a conocer las propiedades y características que debía cumplir la terciada para uso aeronáutico: Peso Específico no mayor de 0,62 gr/cm³; Resistencia a la Tracción Longitudinal mínima 600 Kg/cm²; Transversal 450 Kg/cm²; al Corte 120 Kg/cm² y las capas deben estar pegadas con resinas sintéticas. También especificaba el número de láminas de acuerdo al espesor de la terciada. Por último sugería que la terciada de madera liviana para aviación, debía ser de LENGA o ARAUCARIA DE MISIONES. Mientras que la terciada de madera semi-pesada para aviación, con un peso específico no mayor de 0,80 gr/cm³, sugería que debía ser de GUATAMBU.-

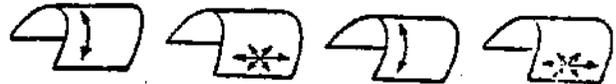
Para completar el tema de terciadas, nuevamente recorro al MANUAL 18 y fotocopio la tabla de:

RADIOS DE CURVATURA MINIMOS PARA MADERA COMPENSADA DE USO AERONAUTICO

CURVATURA SOBRE MOLDE FRIO EMPAPADA EN AGUA CALIENTE Y 100% DE HUMEDAD CURVADA EN MOLDES FRIOS

A 90° con respecto a las fibras de la superficie de la superficie. A 90° ó 45° con respecto a las fibras de la superficie. A 90° con respecto a las fibras de la superficie. A 90° ó 45° con respecto a las fibras de la superficie.

ESPESOR DE LA MADERA COMPENSADA



(1) Milímetros	(2) Nº de element.	(3) Milímetros	(4) Milímetros	(5) Milímetros	(6) Milímetros
0,9	3	50,6	27,9	12,7	2,5
1,8	3	132,1	81,3	38,1	10,1
2,5	3	216,4	132,1	66,2	20,3
3,2	3	304,8	180,3	96,5	31,2
3,9	3	406,4	254	134,6	45,7
4,7	3	508	330,2	180,3	66,2
4	5	431,8	279,4	152,4	50,8
4,8	5	533,4	355,6	177,8	76,2
5,7	5	685,8	431,8	254	101,6
6,3	5	787,4	508,0	304,8	127
8,0	5	1092,2	711,2	406,8	177,8
9,5	5	1371,6	914,4	533,4	254

COLAS - PEGAMENTOS - ADHESIVOS

En la construcción y reparación de aviones se utiliza casi exclusivamente la cola, para unir elementos de madera. Se considera que una pieza está encolada satisfactoriamente, cuando la resistencia de la encoladura es por lo menos igual que la de la madera. En una junta fuerte, el contacto a todo lo largo de las superficies debe ser continuo y completo, con una película de cola intermedia y sin interposición de burbujas de aire o partículas extrañas.-

En aviación se utiliza exclusivamente las colas frías fabricadas a base de caseína o resinas. En su preparación y aplicación deben seguirse rigurosamente las instrucciones del fabricante.-

Haré un breve comentario de cada una de ellas, enumerando sus ventajas y desventajas para poder compararlas convenientemente.-

ADHESIVO DE CASEINA

La Caseína es un producto obtenido de la leche. El adhesivo de caseína (o cola Caseína) es una mezcla realizada con Caseína, una o más sales de sodio o cal. Algunas colas contienen, además, retardadores de fermentación tales como fenoles colorados y sus sales de sodio, para evitar la aparición de fermentos u hongos libre de granos duros y, antes de utilizar el contenido de un bidón de caseína, debe ser mezclado concientemente en seco, removiéndolo a mano, volcándolo y haciéndolo girar. Este tipo de colas deben conservarse en sitio seco.-

Las colas de caseína son alcalinas y las encoladuras que se obtienen con ellas **no son impermeables**, pero resisten la acción de la humedad, por lo que debe evitarse que las juntas hechas en aviones estén expuestas a la humedad durante largos períodos de tiempo.-

El Laboratorio de Ensayos de Materiales del INSTITUTO AEROTECNICO, ha impreso, con fecha de junio de 1946, las Normas del Adhesivo de Caseína. En ella figuran los ingredientes y proporciones que componen el adhesivo:

CASEINA	23,20 0/o
AGUA	11,60 0/o
SOLUCION DE Na OH al 4,2 0/o	60,50 0/o
CAL	4,70 0/o

La mezcla debe realizarse vertiendo la Caseína sobre el agua y luego de homogeneizada la mezcla, se le agrega la solución de hidróxido de sodio y por último la cal y se continúa revolviendo unos veinte minutos, al cabo de los cuales parecerá crema espesa y no deberá tener burbujas de aire, ni grumos de coila sin disolver. Con estas características la cola está lista para ser empleada.-

PRESION DEL ENCOLADO: La experiencia ha probado que la presión más adecuada es de 9 a 12 Kg/cm².-

TIEMPO DE PRENSADO: De acuerdo a los ensayos realizado, con solo diez horas de mantenidas las probetas en la prensa y dejadas secar a temperatura ambiente durante 24 horas, se obtienen valores que sobrepasan a los admitidos por la Norma. A las 10 horas se ha producido la completa transformación del caseinato alcalino en caseinato de calcio.-

ENSAYO DE TRACCION: Se tomarán 5 probetas y, después de 24 horas de encoladas, se efectuará un ensayo de tracción. El promedio de resistencia deberá ser de 50 Kg/cm², como mínimo.-

ENSAYO HUMEDO: Se tomarán 6 probetas y, después de 24 horas de encoladas, se sumergirán en agua a la temperatura ambiente durante 24 horas, ensayándolas de inmediato a la tracción sin secarlas. El promedio de la resistencia deberá ser de 18 Kg/cm², como mínimo.-

Los promedios obtenidos con la cola preparada en ese Instituto son: Resistencia a la Tracción en Seco: 75 Kg/cm²; en Húmedo: 24 Kg/cm². Cabe destacar que el ensayo en seco podría llegarse a valores aún más altos, pero no se pueden alcanzar porque el coeficiente de rotura de la madera tiene un valor inferior a la cohesión del adhesivo.-

Hasta aquí, la copia de los datos más interesantes de la Norma del Instituto Aerotécnico. Para completar el tema, agregaré lo siguiente:

Los fabricantes de colas incluyen con el envase las instrucciones precisas para su utilización, pero en ausencia de información precisa pueden mezclarse, con la seguridad que obtendrá un producto satisfactorio, una parte de cola y dos de agua fría **en peso**. Para obtener proporciones correctas en peso, debe disponerse de una balanza de pequeña capacidad. El agua debe ser clara estar a temperatura ambiente (entre 16 y 21 °C). El agua potable también sirve para hacer cola, es decir, que puede ser ligeramente alcalina o contener cloro.-

Para finalizar, haré un cuadro de ventajas y desventajas:

VENTAJAS

- 1) Muy económica.
- 2) Casi cualquier temperatura
- 3) Casi cualquier humedad
- 4) Fácil mezclado

DESVENTAJAS

- 1) Es atacada por la humedad
- 2) Es atacada por microorganismos
- 3) Necesita presión: 9 a 12 Kg/cm²
- 4) Tiempo mínimo de prensado 10 hs
- 5) Cortes con precisión

ADHESIVOS SINTETICOS

Existen muchas clases de adhesivos preparados a base de resinas sintéticas. Las más conocidas y utilizadas son las de tipo Fenol-Formaldehído, Resorcino-Formaldehído y Urea -Formaldehído y se presentan en polvo para mezclar con agua sobre agua, ésta hace que la cola se endurezca. Cuando la cola de resina es líquida, permanece en este estado hasta que le añade el catalizador, que normalmente es un polvo mezclado con harina de cáscara de nuez o serrín, con el objeto de darle más cuerpo y mejores características de trabajo. En todo caso, su utilización debe ajustarse en todo momento a las instrucciones del fabricante.-

Puesto que la duración de la cola está afectada por la temperatura, en tiempo caluroso puede ser necesario colocarla en un baño de agua a unos 20 °C para prolongar su período de utilización.-

La temperatura más conveniente de aplicación de las colas sintéticas, es entre los 20 y 25 °C. Si se utiliza a temperaturas inferiores su resistencia puede ser afectada en forma adversa, por lo que no se recomienda su uso en esas condiciones.-

RESINAS EPOXICAS

Dentro de los adhesivos sintéticos, están las resinas epóxicas la cuales les doy un título aparte porque son las de mayor poder adhesivo y por lo tanto las más apropiadas para nuestro trabajo.-

Las resinas epóxicas están clasificadas dentro de los plásticos termoendurecibles, esto es que necesitan de cierta temperatura durante su fraguado, pero una vez endurecidas el recalentamiento no las ablanda. Su cualidad principal es que pega firmemente metales, maderas, cerámicos, vidrio, plásticos y goma dura. Además, son las más aptas para ser combinadas con fibras de Vidrio, Grafito, Carbono, Boro, Kevlar, etc. para fabricar productos de plástico reforzado. Se usan también como cubiertas protectoras para: herramientas, carrocerías de automóviles, tambores, pisos de gimnasios y otros revestimientos para superficie de difícil protección, ya que son resistentes al agua, a las condiciones climáticas y a varios productos químicos.-

Para el uso que nosotros le queremos dar (encolar madera), en nues-

tro País existen dos marcas de Resinas Epóxicas. Ellas son: «EPICOTE» producida por la SHELL y «ARALDIT», producida por CIBA-GEIGI y fraccionada por AKAPOL (productora de la línea «POXIPOL»). En esta oportunidad voy a referirme exclusivamente a esta última, ya que es la que uso y tengo más experiencia con ella.-

RESINA «ARALDIT» AW-106 - ENDURECEDOR HV-953U

Esta resina tiene la ventaja de ser del tipo «espesa», por lo cual no se escurre con facilidad y facilita la unión de planos verticales.-

La relación de mezcla entre esta resina y su catalizador es de 100 a 80 en peso. Esto es que para 100 gr. de resina se necesitan 80 gr. de catalizador. La proporción exacta de los componentes es muy importante, ya que (dicho en forma muy elemental) cada molécula de catalizador reacciona con un número determinado de molécula de resina. Si nos equivocáramos en la medición de los componentes, quedaría sin reaccionar parte de alguno de los dos elementos, lo cual daría como resultado un producto final sin las propiedades físicas que necesitamos.-

La relación de mezcla en volumen, dado sus diferentes pesos específicos, es exactamente de 1:1. Esto nos da facilidad para preparar la mezcla, dado que es más sencillo medir volumen que peso. Yo uso para tal efecto jeringas de plástico con capacidad de 20 cm³, las que resultan prácticas para los volúmenes que se usan comúnmente en los trabajos de encolado. Como guía práctica puedo dar estos datos: por ejemplo, encolando largueros de fuselaje de 19 x 19 mm (3/4" x 3/4") sobre terciada y poniendo el adhesivo en ambas caras a pegar, para cubrir un metro necesito mezclar 4 cm³ de cada componente. Dicho de otra manera, uso 8 cm³ de mezcla para cubrir aproximadamente 380 cm² de superficie (sumadas ambas caras).-

Para facilitar la extracción de resina y catalizador desde el tarro, (sería más práctico si la envasaran en botellas plásticas flexibles), les agrando el pico a las jeringas con una mecha de 4 mm o sencillamente se lo corto al ras, quedando una abertura de unos 5 o 6 mm. Hay que tener la precaución de usar siempre la misma jeringa para la resina y otra para el catalizador, ya que si se mezclan se inutilizan. Para limpiarlas utilizo un papel sin escrituras, dado que la tinta mancha las jeringas. Con solo escurirlas bien con el papel y dejarles el émbolo metido bien hasta el fondo, quedan listas para guardarlas hasta su próximo uso.-

Como casi todas las resinas epóxicas tienen una estabilidad al almacenamiento de ocho meses a un año, deben guardarse en sus envases ori-

ginales bien cerrados despues de cada extracción, al abrigo de la humedad y a una temperatura de 15 a 22 °C. Es conveniente mantener limpia la «canaleta» de la tapa del tarro para que cierre bien y como medida adicional, ponerle un nylon arriba de la tapa, asegurado con una banda elástica alrededor del mismo.-

Para mezclar los componentes uso un recipiente plástico, obtenido de botellas vacías de agua mineral o leche pasteurizada (bien lavadas). Corto los fondos de las botellas con una sierra para hierro, de forma tal que quede un recipiente de unos 3 o 4 cm de alto. Los vasos de yogur suelen deformarse y hasta disolverse por la acción de la mezcla, por lo cual no los recomiendo. Para asegurarme la limpieza de los fondos de los recipientes, antes de usarlos los repaso con un trapo humedecido con thinner.-

Como generalmente no se encolan superficies muy anchas, para aplicar la resina uso una angosta «espátula» de madera de unos 5 x 15 x 200 mm afinada en la punta, solamente en el sentido de los 5 mm y con sus bordes en ángulo recto (sin redondear). Es importante que se aplique el adhesivo en cada una de las caras a encolar y que éste sea una capa muy fina. De allí que la «espátula» tenga los bordes rectos para «peinar» el sobrante de resina con el borde de la misma. Se puede usar también un pincel de cerdas muy duras, en su defecto, cortarlas a 15 o 20 mm de la chapa, pero no lo encuentro práctico ya que hay que lavarlo muy bien con thinner. A las espátulas sin embargo, solo hay que escurirlas bien con un papel al igual que a las jeringas. Y hablando de limpieza, si uno se ensucia las manos con resina, basta lavárselas con abundante agua tibia y jabón. No es aconsejable usar un trapo humedecido con thinner ya que éste abre los poros y la resina penetra con más facilidad en la piel. Hay que mencionar también, que algunas personas pueden sufrir reacciones alérgicas al contacto de la piel con las resinas epóxicas, en tal caso se pueden usar como «guantes», bolsitas de polietileno. Con respecto a la ropa, hay que tener cuidado de no manchársela, ya que es completamente «insacable».-

Es interesante saber que tipo de resina nos dá tiempo para distribuirla convenientemente, ya que luego de mezclarla disponemos de una hora o más (dependiendo de la temperatura), para que comience a gelificar.-

Es importante recordar que las resina epóxicas no necesitan presión de encolado, solo es necesario que ambas piezas esten en contacto y se encuentren convenientemente sujetas, a fin de evitar movimiento alguno durante el endurecimiento. Esto evita que se tenga que disponer de un «bataillon» de prensa (como en el caso de usar cola de caseina) ni sea necesario

hacer cortes de precisión, ya que este adhesivo puede rellenar hasta 0,8 mm de luz (aunque no es lo recomendable).-

Para un correcto pegado es imperativo mantener en el ambiente una temperatura superior a 18 °C (óptima 22 °C) y una humedad no mayor del 60% durante las 6 horas (como máximo) que dura el endurecimiento (o polimerización) de la resina. Desde ya, esto representa un inconveniente que no lo «sufr» la Caseína, sobre todo trabajando en invierno. Pero se puede salvar el inconveniente calefaccionando el taller. Si éste es de dimensiones muy grandes, se lo puede achicar encerrando la estructura que pegamos, con tiras de polietileno claveteadas al techo que lleguen hasta el piso y hasta podemos bajar el «techo» de la misma manera, con lo cual reduciremos el volúmen a calefaccionar, con el consiguiente ahorro de energía (eléctrica o de combustible). En este aspecto, prefiero los radiadores de cuarzo o los infrarrojos a gas, que no producen llamas.-

Otra solución para «secar» estructuras no muy grandes, es fabricar un sencillo y económico «horno». Para ello es necesario trozos grandes de polietileno (pueden ser manteles viejos o bolsas cubre-trajes previamente desdobladas). Para comenzar, se disponen los caballetes separados a una distancia un poco menor que la longitud de la chapa, se pone ésta sobre aquellos y luego se cubre con los plásticos (presionándolos con trozos de maderas largas) que cueiguen hasta el piso, de forma tal que quede cerrado ese «ambiente». Los calefactores de cuarzo se ubican entre las patas de cada caballete, mientras que la pieza a secar se pone en el medio de ambos sobre algo que la separe del suelo para aislarla de la posible humedad de éste.-

El tiempo fraguado de esta resina es de 6 horas promedio, pudiendo acortarlo sensiblemente a medida que la temperatura sea mayor de 25 °C. Es preciso aclarar que despues de las 6 horas ya se puede trabajar sobre la pieza encolada: aserrarla, lijarla, cepillarla, limarla, taladrarla, etc.-

Para finalizar este tema, encolumnaré sus ventajas y desventajas, como lo hice con el Adhesivo de Caseína:

VENTAJAS

- 1) Uniones extra-fuertes (100 Kg/cm²)
- 2) No es atacada por microorganismos
- 3) No la afecta la humedad
- 4) No necesita presión de encolado
- 5) Rellena hasta 0,8 mm las uniones

DESVENTAJAS

- 1) Temperatura: mayor de 18 °C
- 2) Humedad: menor de 60 %
Medición exacta de sus componentes
- 4) Algo cara

BIBLIOGRAFIA

NORMAS PARA EL MANTENIMIENTO, REPARACION Y MODIFICACION DE AERONAVES CIVILES: Más conocido como «MANUAL 18». Publicado por la Sec. de Aeronáutica. Año 1946.-

NORMAS PARA MADERAS DE USO AERONAUTICO: Del Laboratorio de Ensayo de Materiales. Publicado por el Instituto Aerotécnico. Años 1945/46.(incompleto).-

ADHESIVO DE CASEINA: Del Laboratorio de Ensayo de Materiales. Publicado por el Instituto Aerotécnico. Año 1946.-

ENTRETENIMIENTO Y REPARACION DE AVIONES: Del Northrop Aeronáutica Institute. Editado por la Editorial Reverté S.A. Año 1955.-

BOLETINES «AVEX»: Publicados por Avex. Números 7 y 11. Años 1969 y 1971.-

THE INTERNATIONAL BOOK OF WOOD: Edición Española.-

BUILDING THE CUSTOM AIRCRAFT WITH WOOD: Volúmenes I y II. Editados por la E.A.A. Año 1970.-

Fly Baby

Construido en madera, puede equiparse con motores de 65 a 100 hp

Envergadura	8.40 m	Combustible	60 l
Largo	4.87 m	Velocidad máxima	192 kph
Alto	1.74 m	Crucero	160 kph
Superficie alar	11 m ²	Velocidad de pérdida	77 kph
Peso máximo	419 kg	Ascenso	330 m/min
Peso vacío	274 kg	Techo	4500 m
Carga útil	145 kg	Alcance	528 km