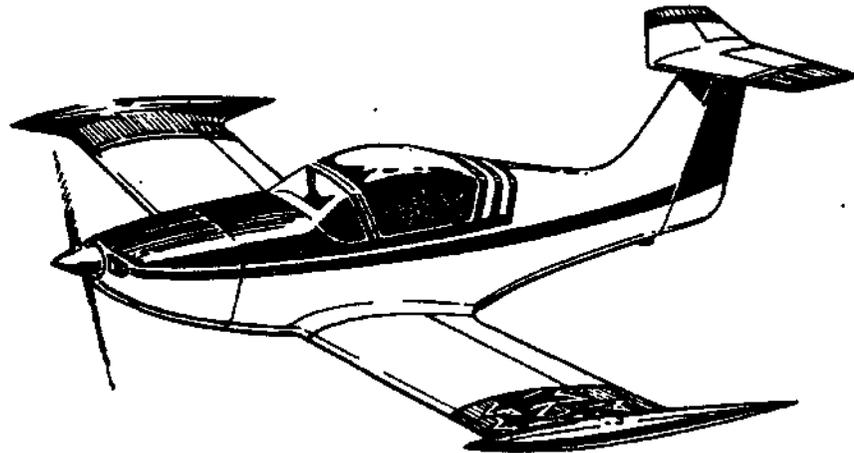


# EAA

FILIAL 722

**Argentina**

EXPERIMENTALES AERONAVES ASOCIACION  
EXPERIMENTAL AIRCRAFT ASSOCIATION



POLLIWAGEN

J. ALVAREZ

8

**COMPOSITE**

**MATERIALES COMPUESTOS**

# TEMPERATURE CONVERSION TABLE

Degrees Celsius "C" — Degrees Fahrenheit "F"

Deg. C.	Deg. F.								
-40	-40.0	8	46.4	56	132.8	104	219.2	152	305.6
-39	-38.2	9	48.2	57	134.6	105	221.0	153	307.4
-38	-36.4	10	50.0	58	136.4	106	222.8	154	309.2
-37	-34.6	11	51.8	59	138.2	107	224.6	155	311.0
-36	-32.8	12	53.6	60	140.0	108	226.4	156	312.8
-35	-31.0	13	55.4	61	141.8	109	228.2	157	314.6
-34	-29.2	14	57.2	62	143.6	110	230.0	158	316.4
-33	-27.4	15	59.0	63	145.4	111	231.8	159	318.2
-32	-25.6	16	60.8	64	147.2	112	233.6	160	320.0
-31	-23.8	17	62.6	65	149.0	113	235.4	161	321.8
-30	-22.0	18	64.4	66	150.8	114	237.2	162	323.6
-29	-20.2	19	66.2	67	152.6	115	239.0	163	325.4
-28	-18.4	20	68.0	68	154.4	116	240.8	164	327.2
-27	-16.6	21	69.8	69	156.2	117	242.6	165	329.0
-26	-14.8	22	71.6	70	158.0	118	244.4	166	330.8
-25	-13.0	23	73.4	71	159.8	119	246.2	167	332.6
-24	-11.2	24	75.2	72	161.6	120	248.0	168	334.4
-23	-9.4	25	77.0	73	163.4	121	249.8	169	336.2
-22	-7.6	26	78.8	74	165.2	122	251.6	170	338.0
-21	-5.8	27	80.6	75	167.0	123	253.4	171	339.8
-20	-4.0	28	82.4	76	168.8	124	255.2	172	341.6
-19	-2.2	29	84.2	77	170.6	125	257.0	173	343.4
-18	-0.4	30	86.0	78	172.4	126	258.8	174	345.2
-17	1.4	31	87.8	79	174.2	127	260.6	175	347.0
-16	3.2	32	89.6	80	176.0	128	262.4	176	348.8
-15	5.0	33	91.4	81	177.8	129	264.2	177	350.6
-14	6.8	34	93.2	82	179.6	130	266.0	178	352.4
-13	8.6	35	95.0	83	181.4	131	267.8	179	354.2
-12	10.4	36	96.8	84	183.2	132	269.6	180	356.0
-11	12.2	37	93.6	85	185.0	133	271.4	181	357.8
-10	14.0	38	100.4	86	186.8	134	273.2	182	359.6
-9	15.8	39	102.2	87	188.6	135	275.0	183	361.4
-8	17.6	40	104.0	88	190.4	136	276.8	184	363.2
-7	19.4	41	105.8	89	192.2	137	278.6	185	365.0
-6	21.2	42	107.6	90	194.0	138	280.4	186	366.8
-5	23.0	43	109.4	91	195.8	139	282.2	187	368.6
-4	24.8	44	111.2	92	197.6	140	284.0	188	370.4
-3	26.6	45	113.0	93	199.4	141	285.8	189	372.2
-2	28.4	46	114.8	94	201.2	142	287.6	190	374.0
-1	30.2	47	116.6	95	203.0	143	289.4	191	375.8
0	32.0	48	118.4	96	204.8	144	291.2	192	377.6
1	33.8	49	120.2	97	206.6	145	293.0	193	379.4
2	35.6	50	122.0	98	208.4	146	294.8	194	381.2
3	37.4	51	123.8	99	210.2	147	296.6	195	383.0
4	39.2	52	125.6	100	212.0	148	298.4	196	384.8
5	41.0	53	127.4	101	213.8	149	300.2	197	386.6
6	42.8	54	129.2	102	215.6	150	302.0	198	388.4
7	44.6	55	131.0	103	217.4	151	303.8	199	390.2

## COMPOSITE - MATERIALES COMPUESTOS

Realizaremos un trabajo que atienda a las necesidades de los que deseen construir aeronaves. Estas notas son extractadas de las indicaciones que Burt Rutan da en sus planos más populares, Varietez, Long-Ez, Quickie 1 y 2. También seguiremos su ordenamiento y si el espacio alcanza, colocaremos las fallas más comunes que se presentan en este tipo de trabajo y la forma de solucionarlas.

Este escrito es una introducción para quien no ha tenido oportunidad de trabajar con estos materiales y comenzaremos refiriéndonos a que herramientas son necesarias para construir una aeronave. No hace falta disponer de un stock de máquinas herramientas, así que comenzaremos la lista de las que no podemos prescindir.

Herramientas básicas necesarias:

Cuchillo de cocina

Sierra para metales

Papel de lija | Grano 36

| Grano 220 (Tipo carborundum) Lija al agua o seca.

| Grano 320

Tijeras

Destornilladores común y Philips

Caja de hojas de afeitar

Nivel de carpintero de 60 cm de largo

Marcador de tinta (Fibra)

Escuadra de carpintero

Regla de 1 metro

Cinta métrica de 2 metros

Pinceles de 2,5 cm (1")

Vasos de papel (no encerados) de 230 cm<sup>3</sup> (8 onzas)

Vasos de papel (no encerados) de 90 cm<sup>3</sup> (3 onzas)

Cinta de enmascarar, gris

Balanza para medir resina Epoxy

Termómetro de pared 0 - 40 grados centígrados

Agujereadora de mano para 6 mm

Hojas de sierra

Herramientas recomendadas, para agregar a la primera lista:

Escoplos de carpintero de 6/7 mm (1/4"), 12/13 mm (1/2") y 19/20 mm (3/4")

Disco lijador de 20 a 25 cm diámetro

Caja cuchilla "Xacto" o similar

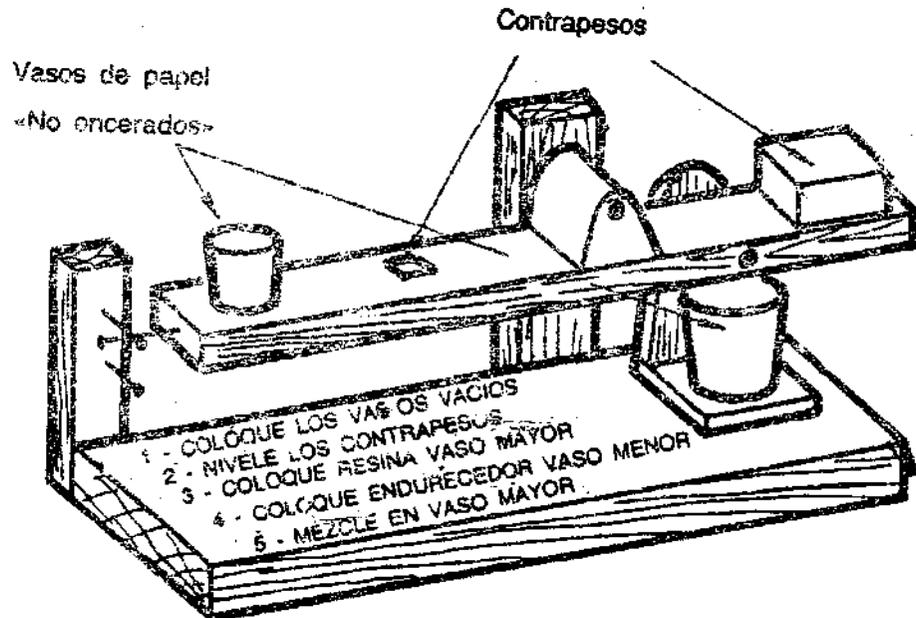
Tijera grande comercial de 30 cm (12")  
Desbastadora de mano "Stanley" o similar  
Prensas de 15 cm de apertura  
Aspiradora de polvo  
Alambre Nicrom para corte de espumas  
Compresor de aire

Herramientas que Ud. debe construir para trabajar en COMPOSITE:

Bloques lijadores  
Regla para contralor de bordes de ataque o de fuga  
Balanza para resina Epoxy  
Alambre para corte de espuma

#### Balanza para mezcla de Epoxy

Esta balanza se construye con madera común, y la relación de la preparación es de 100 partes de resina epoxy y 22 partes de endurecedor, con lo que se logra una correcta mezcla de los componentes, lo cual asegura una mayor exactitud y un mejor control de calidad.

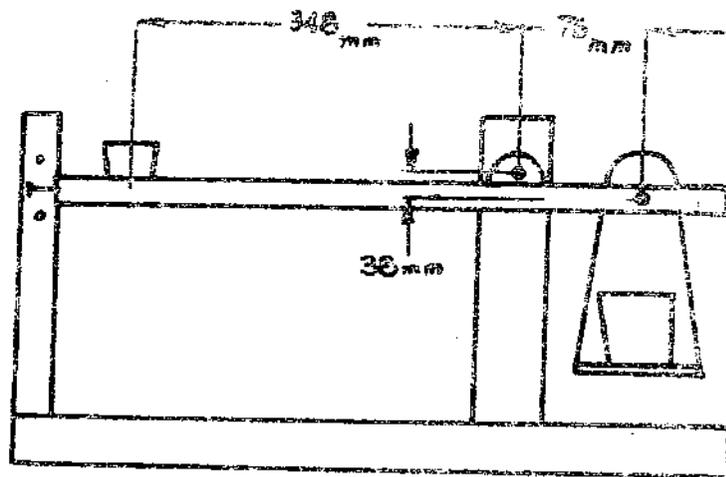


### Relación de mezcla resina - endurecedor

- 1° Coloque los recipientes vacíos, como indica el dibujo
- 2° Ajuste los contrapesos hasta la marca: nivelado
- 3° Coloque la resina en el recipiente más grande
- 4° Agregue endurecedor en el recipiente más chico hasta que la balanza vuelva a nivel.

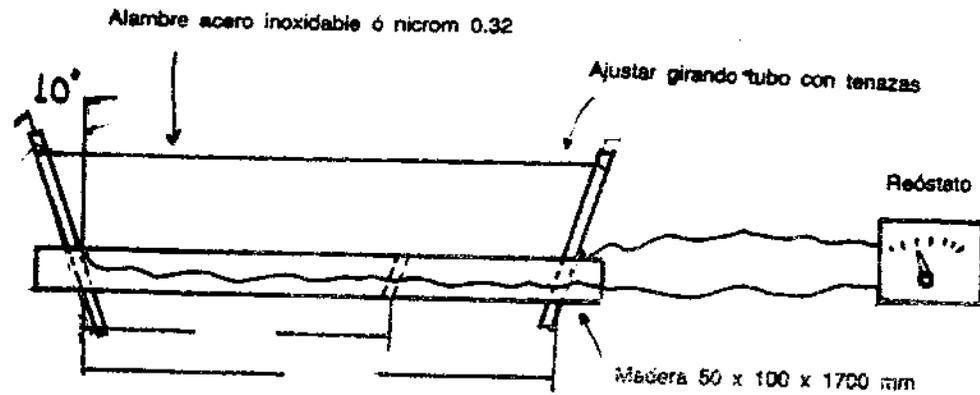
Los pivotes de la balanza, pueden ser construidos, con depósitos metálicos de lapiceras a bolilla. Debe lograrse la mínima fricción para que la marcación sea correcta.

Gráfico con medidas generales.



### ALAMBRE CALIENTE PARA CORTAR ESPUMA

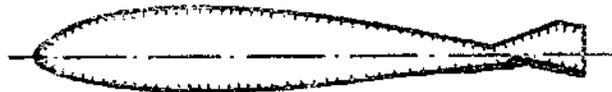
Una fuente segura para proveer la energía a un alambre de Nicrom, usado para cortar espuma, es utilizar un transformador de 220 Volt, con salida de 30 volt. Conectarlo con un reóstato aplicado en la línea de 220 volt, para variar exactamente la cantidad de calor que emite el alambre, con la finalidad de hacer el corte lo más perfecto posible. Debe tenerse en cuenta que si el alambre está muy frío, se tensiona y provoca una curva que dificulta la buena terminación de las partes y si está muy caliente, produce en la espuma un derretimiento que lo hace áspero y con cavidades, las que afloran en el momento de las terminaciones o acabados.



**NOTA:** No se debe cortar poliuretano con alambre caliente, pues despidе un gas venenoso. Solo debe cortarse poliestireno (Telgopor)

Antes de cortar una pieza del avión, debe probarse la temperatura correcta, la que debe producir una superficie de corte muy pareja y suave. Durante el corte es conveniente no detener la marcha del mismo, sino avanzar muy lentamente, y en el caso de cortar costillas o trozos que tengan distinta forma en ambos extremos, debe marcarse en la forma que indica la figura, para que la velocidad de corte sea la correcta y el corte no salga en diagonal, lo que deformaría la pieza cortada.

Es conveniente que una de las dos personas que trabajen en el corte de espuma, vayan diciendo la posición, y dando a la vez, la velocidad de avance.



Clavos paralelos a la plantilla en el borde de fuga



Coloque un clavo en la línea de nivel del borde de ataque de cada plantilla



Hacer una pausa aquí

## MESA O BANCO DE TRABAJO

Para construir el Quickie 1, Rutan aconseja hacer un cajón de madera aglomerada, el cual sirve para armar las alas y el fuselaje. Este cajón tienen la particularidad que una vez armado no se deforma y así aunque alguna pata o caballete no esté correctamente alineado, el constructor tendrá siempre una superficie indeformable y las partes que construya sobre el mismo le saldrán perfectamente escuadradas.

El cajón mide 3,60 m de largo, 0,80 m de ancho y tiene una profundidad de 25 cm. Todas sus caras están cerradas y el espesor de la madera puede variar entre 13 y 16 milímetros.

## MATERIALES

Los materiales que se usarán para construir los aviones de Rutan, son:

Tela de vidrio	(Fiberglass cloth)
Resina Epoxy	
Microesferas	(Microesferas huecas de vidrio)
Flox	(Mezcla de hilos de algodón y epoxy)
Espumas	(Poliuretano y Poliestireno)

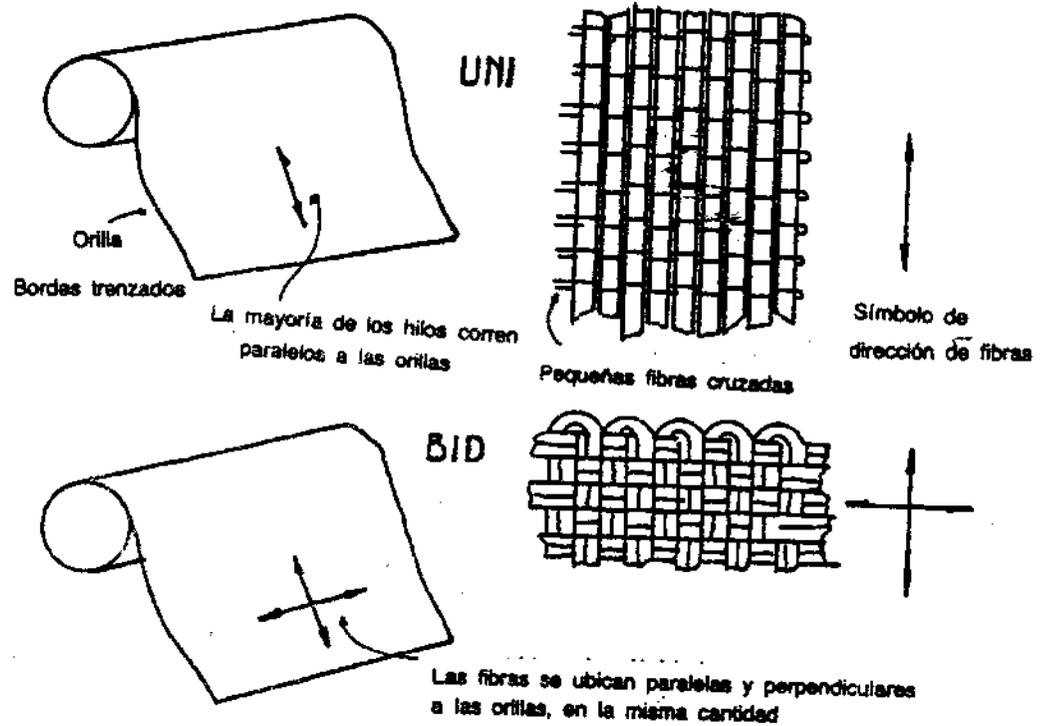
Cada material será considerado especialmente a continuación, poniendo de manifiesto sus propiedades y sus usos básicos.

## TELA DE VIDRIO

Es el material fundamental en la estructura de una aeronave realizada bajo el método Composite o Compuasto. La obtención del mismo es comercialmente posible en gran cantidad de variedades, pesos, estructuras, resistencias y facilidades para su trabajo. Como estamos tratando el tema de construir aviones, sólo mencionaremos las que se usan normalmente para las aviones "caseros" usadas por el diseñador Burt Rutan.

Los dos tipos más importantes de Tela de Vidrio son, el tejido Unidireccional (UNI) con un peso de 196 gramos por metro cuadrado y la Bidireccional (BID) con un peso de 295 gramos por metro cuadrado.

En los dibujos siguientes se puede apreciar, con toda claridad, la disposición de las fibras, en mayor cantidad.



La UNI tiene el 95% de su volumen en fibra de vidrio en una sola dirección, a lo largo del rollo; posee condiciones excepcionales de resistencia a lo largo y se usa para entelar el ala, en capas que comienzan en una punta y terminan en la otra punta. Al colocar varias capas, realmente se está construyendo sobre las caras del ala una bailesta, o sea un elástico tipo automóvil y eso es lo que le proporcionará al ala su resistencia estructural.

Múltiples laminados de acuerdo a cada diseño, constituyen la resistencia estructural del ala y cada capa se la denomina "pliegue".

La tela (BID) se utiliza en las primeras capas de forrado de la espuma y va colocada a 45 grados, con relación al borde de ataque. La segunda capa, se coloca a 45 grados hacia el otro lado y ambas capas entre sí quedan entonces posicionadas a 90 grados. Ello hace que este laminado resista mejor los esfuerzos de torsión a los que se verá sometida el ala o la estructura de la aeronave en vuelo.

Cada diseñador indica la cantidad de pliegues o capas de tela que deben colocarse en cada parte, con las indicaciones de lugares de cruce de tela, cantidad y ubicación.

Es muy importante tener en cuenta la limpieza en este trabajo. Hay que tener muchas precauciones con la grasa o aceite y la resina que no haya sido usada. La variación que puede producir la suciedad en las telas, puede llegar a hacer fallar la estructura de la parte construída.

Para cortar la tela es necesario hacerlo con unas buenas tijeras ó una espátula o cuchilla muy bien afilada, cortando sobre una madera. Las telas pueden ser marcadas con fibras marcadoras, que no afectan la resistencia.

Las telas de vidrio no deben ser almacenadas en el lugar de trabajo, pues la suciedad, de las manos, de las espumas y de las resinas la contaminarán y perderán calidad.

A la tela BID puede dársele forma, tirando de uno de sus extremos y ello hace a la facilidad de trabajo.

Si la tela de vidrio, tiene manchas de resina o grasa, tñrela, es más barato que tener que hacer una ala nueva.

La orientación de las fibras de la tela de vidrio, está indicada en los planos y debe ser escrupulosamente respetada.

La colocación de la tela BID se puede hacer a ojo. Ud. la coloca a 45 grados con más o menos 10 grados y está suficientemente correcto. En cambio, la tela unidireccional debe estar muy bien alineada y estirada sin arrugas a lo largo del ala, paralela a la envergadura y no se debe dejar tramos ondulados, pues éstos al hacer flexión, pueden enderezarse y causar una falla en la estructura.

## RESINA EPOXY

Estos últimos años la palabra Epoxy se ha convertido en una expresión muy usada. Lamentablemente este término involucra gran cantidad de resinas especiales y sus respectivos endurecedores, por eso la selección de la resina Epoxy debe ser la que aconseja su diseñador o una similar con las mismas características.

La resina es el adhesivo matriz que mantiene las fibras de vidrio laminadas. Es importante hacer varias pruebas para lograr la mayor fuerza de resistencia con el menor peso, en otras palabras, la correcta impregnación de la tela de vidrio con la mínima cantidad de resina nos dará la mayor resistencia, con el mínimo peso.

Además de la toxicidad que da el trabajo con epoxy, que a veces produce erupciones o sarpu"idos cutáneos.

Un sistema Epoxy, se compone de una resina y un endurecedor. La mezcla de ambos componentes cambia su estado y los 2 líquidos se convierten en un sólido, mediante un proceso llamado "curado".

La gran variedad de tipos de Epoxy hace que sus características sólidas sean muy duras o muy flexibles. Algunos tipos de Epoxy son líquidos de una gran densidad y otras, fluídas como el agua. Algunas permiten trabajar por varias horas y otras endurecen instantaneamente y también puede darse el caso de un tipo de resina que al ser usada con diferente endurecedor produzca distintos tipos de sólido.

Al elegir la resina hay que tener en cuenta, que se debe tener la mejor relación dureza y resistencia y proteger a la parte en construcción, del calor que dañaría la espuma en su fraguado o curado y del ataque por los solventes.

En la construcción de los aviones de Rutan, son usados tres tipos de Epoxy, uno de cura lenta para las estructuras más importantes y grandes (casi todo el avión), luego uno de cura rápida que puede ser usado en lugares donde no haya peligro que el calor disuelva la espuma de poliestireno y por último la de curado en 5 minutos. Esta es para usarla como prensa, para posicionar partes o formar conjuntos, como podría ser un remachado epoxy con terciado.

Cuando un sistema epoxy está en "curado", genera calor. En algunas partes este calor es inaceptable, caso de la espuma de poliestireno, ya que la inutiliza y allí debe trabajarse con una resina de "curado lento" a temperatura ambiente. La cura completa demora 14 días y si hace frío puede ser aún mayor.

La resistencia de un sistema depende de la resina, el endurecedor y la proporción de la mezcla. Están ideados para una proporción concreta o específicos de cada uno de ellos, y si es muy importante la mezcla debe hacerse mediante balanzas o una bomba de proporción. Nunca los haga a ojo, use siempre una balanza o mezclador.

La resina y el endurecedor siempre hay que prepararlo en pequeñas cantidades, usualmente 100 gramos o menos, aún en la pieza más grande. La razón es que en grandes cantidades la reacción es progresiva, o sea genera mayor calor que a su vez acelera la reacción, terminando en una reacción rápida llamada "exotérmica".

Una reacción exotérmica hace que el recipiente se caliente y la epoxy se endurece. Si eso ocurre, tire el recipiente y la mezcla y prepare una nueva cantidad. Aquí es importante dejar establecido que cada mezcla debe hacerse en recipiente no usado o sea limpio, para evitar la contaminación.

Si Ud. necesita preparar una gran cantidad, tiene que hacerla mezclando, muchas veces, pequeñas cantidades.

Si la epoxy es extendida en una capa finita, el calor del curado se disipa-

rá rápidamente incrementándose solo unos pocos grados sobre la temperatura ambiente, y no producirá daños a la espuma de poliestireno, que es utilizada para hacer las alas.

Una reacción exotérmica, puede llegar a 93° C (200° F) con lo cual dañará la espuma y la capa de plástico con vidrio.

Para la mezcla de la epoxy con el endurecedor, se usan vasos de papel **Sin Encerar**, pues la cera puede contaminar la epoxy y dar una mala capa de adhesión. El tamaño de los vasos de papel, debe ser aproximadamente de 230 cm<sup>3</sup> (8 onzas) y de 89 cm<sup>3</sup> (3 onzas).

El procedimiento de trabajo, si se usa la balanza casera, es el siguiente: Coloque el vaso para resina (el más grande), en la parte derecha de la balanza, y al recipiente de endurecedor (el más chico) mójalo con endurecedor y luego escúrralo, antes de ponerlo en la balanza. Con esto se conseguirá que el recipiente pese exactamente la cantidad de endurecedor. Una vez mojado colóquelo en la balanza, controle por medio de los contrapesos que esta se mueva libremente y luego agregue la resina, aproximadamente 200 cm<sup>3</sup> (6 onzas), luego se coloca el endurecedor en la cubeta más chica hasta que la balanza quede a nivel.

Luego se vierte el endurecedor en el recipiente mayor y luego se mezcla completamente. Si Ud. posee la bomba de racionamiento, simplemente ponga una cubeta o vaso de papel, en el conducto de salida, bombee la cantidad necesaria y mezcle.

La mezcla se realiza revolviendo con un trozo de madera, teniendo cuidado de no derramar. La mezcla debe revolverse por lo menos 2 minutos.

Si por casualidad en un vaso con endurecedor, se le derrama un poco, repita la operación de pesado, pues seguramente variará la proporción de resina y endurecedor y si la mezcla es incorrecta, no debe ser usada. Para asegurar una mezcla bien revuelta Ud. invertirá el 80% del tiempo revolviendo y el 20% raspando los bordes para compactar toda la cantidad. No mezcle con pincel, ya que los pelos pueden absorber el endurecedor y cambiar la proporción.

La temperatura tiene un efecto primordial sobre el tiempo de fraguado. Con mucho calor se apurará, con frío el curado se demorará y con mucho frío tal vez nunca frague o cure la mezcla de epoxy. La temperatura de trabajo debe estar entre 16° y 32° C (60° - 90° F), pero el ideal se encuentra entre 21° a 24° C (70° - 75° F).

Entre las herramientas que se consideraban imprescindibles figuraba un

termómetro. Haga uso del mismo, y controle la temperatura en el área de trabajo.

La resina fría incrementa el trabajo ya que es más dificultosa la impregnación. Las temperaturas ideales de trabajo son: tener la resina entre 26° y 32° C y el ambiente entre 21° y 26° C. Para calentar la resina, el mejor método es tener un pequeño cajón, con puerta y en su parte superior una lámpara común encendida. No mantenga el recipiente con resina preparada sobre un piso frío, si planea usarlo en ese momento. Si su taller se enfría entre períodos de trabajo, mantenga algo de resina y endurecedor separados, en el lugar más cálido de su casa, para cuando comience a trabajar nuevamente. No tire las cubetas que haya usado con mezcla. Ellas le permitirán hacer un control de calidad, comprobando el curado a través de dos o más días. Tome un cuchillo afilado y raya la superficie en el vaso usado. Si está curado en forma correcta, el cuchillo producirá una marca blanca.

Si no ha curado, la resina epoxy mostrará, por la raya del cuchillo, una marca anaranjada, que indica falla, por temperatura inadecuada, mala mezcla o resina epoxy de mala calidad. Esas cubetas que tengan problemas, deben continuar en observación, dando temperatura adecuada hasta que indiquen que el curado es correcto.

### MICROESFERAS

Las microesferas, son muy pequeñas esferas huecas de cuarzo, las que poseen muy poco peso y por esa característica son ideales para usar como carga. Mezcladas con epoxy, se usan para rellenar huecos o pegar bloques de espuma y como unión entre bloques y laminado de vidrio. La mezcla con epoxy se la denomina **Micro**.

Es necesario tener la precaución que las microesferas, se mantengan secas. Si se encuentran atarronadas es que han tomado humedad, entonces hornéelas a 120° C y luego tamícela con tamiz para harina, disolviendo así los terrones.

La mezcla "**Micro**" puede tener tres estados o consistencias:

Suspensión: Proporción: 1 a 1 Microesferas y epoxy.

Micro Mojada: Proporción: 2 a 4 microesferas 1 epoxy.

Micro Seca: Proporción: 5 de microesferas a 1 de epoxy.

Siempre debe agregarse las microesferas, a la mezcla ya preparada de resina epoxy.

### Sus usos

Micro Suspensión: Se usa para pintar las espumas antes de aplicar las telas de vidrio y se aplica con un pincel o una espátula. Si es sobre espuma de uretano debe tener la precaución que la capa sea más gruesa.

**Micro Mojada:** Su uso es para unir bloques de espuma. A pesar de ser más espesa, todavía tiene suficiente fluidez, como para que corra entre los bloques.

**Micro Seca:** Su uso es para rellenar huecos o puntos bajos. Es una pasta que no cede por ser muy seca y da una superficie muy uniforme.

El mezclado es casi a ojo, una vez que se le ha tomado la mano a la densidad. **Precaución:** nunca use microesferas, entre dos capas de tela de vidrio.

#### **FLOX**

El Flox es una mezcla de fibras de algodón y resina epoxy preparada, que se usa en partes donde se requiera una construcción fuerte y durable.

La proporción debe tener consistencia y ser lo suficientemente espesa para que no se deslice en partes verticales.

Si se va a pegar una parte metálica, debe lijarse ésta muy bien y pintarla previamente con resina epoxy pura.

#### **ESPUMAS**

Las espumas utilizadas por Rutan, en sus diseños, son las siguientes:

##### **Espuma de poliestireno (Styrofoam azul)**

Esta espuma de poliestireno es de origen alemán. Es de baja densidad 10 kilogramos por metro<sup>3</sup> (2 lb/ft<sup>3</sup>) y es de celda cerrada y rígida, principalmente usada para construir el núcleo del ala y el canard. Se eligió por su extraordinaria facilidad para ser cortada con alambre caliente, lo que le da una mayor resistencia a la delaminación.

##### **Espuma de poliuretano (Uretano U-Thene 210)**

Esta espuma tostada, de baja densidad 30 kg/m<sup>3</sup> se usa para construir el fuselaje y tanque de combustible.

Es muy fácil de tallar o desbastar y es a prueba de fuego. Lo que no debe hacerse es cortarla con alambre caliente, pues produce gases venenosos, tóxicos.

##### **Espuma de PVC**

Esta espuma también en densidades bajas o medianas se usa para construir las cuernas del fuselaje, que requieren una mayor capacidad para aguantar la compresión.

#### **Recomendación:**

No se debe confundir la Styrofoam, con el Poliestireno blanco expandido. Este tiene la apariencia de muchas esferas aplanadas juntas. Desaparece, disolviéndose, en presencia de la mayor cantidad de tipos de solventes, incluyendo el combustible y su fuerza a la compresión es baja. También debe precaverse por que el sol daña las espumas.

## TRABAJANDO LAS ESPUMAS

### Cortado con alambre caliente

Las superficies aerodinámicas de su diseño Rutan, son formadas por el cortado de la espuma Styrofoam (azul) mediante la técnica del alambre caliente, obteniendo superficies reales de contorno, que se afinan y doblan en forma adecuada con un mínimo de esfuerzo y herramientas muy simples.

Para lograr un corte suave y preciso se requiere un molde, mejor expresado una plantilla, la que puede hacerse en madera terciada fina, chapa de hierro, aluminio, o "fórmica". La precaución mayor es que los bordes de la plantillas estén sin rebabas para que no enganchen el alambre caliente. Las plantillas están indicadas en los planos y deben tener marcaciones en ambas caras. La numeración indica el conteo que hay que hacer para que el corte sea correcto y si no se procede así se deforma la línea de corte y el ala quedará con defectos.

El bloque de espuma debe ser es cuadrado, por lo menos en las dos caras en que van colocadas las plantillas, y estas pueden sujetarse por medio de clavos. Es importante colocar las plantillas en forma correcta, respetando la WL o sea water line o línea nivel de agua. Esta línea es la que dará el alabeo que indica el diseñador para cada parte del ala.

Las plantillas están numeradas en su borde superior e inferior. A estos se los denomina números que "hablan" en razón que para efectuar un buen corte, uno de los que maneja el arco de alambre caliente debe ir indicando el número por el que va el corte. Con esa precaución las partes salen perfectamente bien cortadas, lo cual hace a la performance de la aeronave.

El canto de los números debe hacerlo quien tenga la plantilla más grande, las pausas requieren uno o dos segundos de detención, lo que hará que quede perfectamente marcado ese lugar.

El uso del alambre caliente es fácil si Ud. ha tomado las precauciones de una buena instalación y una correcta disposición de los elementos. Enchufe en 220 volt, reóstato regulador de voltaje, transformador 220 volt de entrada, 30 volt de salida, arco, alambre de Nicrom de 0,5 mm.

El control de corte se da cuando Ud. logra una velocidad de corte entre 8 y 10 segundos, cada 25 milímetros.

Rutan recomienda el siguiente sistema para cortar el borde de ataque que es el más difícil. Coloque clavos, uno en cada lado de la espuma, próximos a la plantilla y a la altura de la línea de agua (WL); arrime el alambre por la parte superior, hasta llegar a 1 cm de la espuma, y allí comience a cantar la distancia para que el alambre penetre en la espuma al mismo tiempo en todo

el borde, luego seguir todo el contorno, superior o inferior de la plantilla y al llegar al borde de fuga hacer una breve detención, para marcar correctamente esa parte.

El alambre caliente debe ser guiado con muy poca presión ya que lo contrario provocaría una flexión en su centro y daría a la espuma un corte curvo.

Como la espuma es muy flexible, para ser cortada, debe ser colocada sobre una mesa y en su parte superior colocarle pequeños pesos, como pueden ser engranajes de caja de velocidad ó planchuelas, distribuidas en toda la superficie, las que actúan como prensa.

Si ha tenido dificultad en los cortes y tiene algunas imperfecciones no se sienta preocupado, puesto que las mismas pueden ser corregidas con un poco de epoxy y microsferas.

Si Ud. no consigue la espuma en un solo bloque para hacer el corte del ala, no la vaya a pegar con epoxy, pues allí el alambre caliente, no puede cortar la superficie de pegado. Entonces corte primero las espumas y luego péguelas.

Si la espuma llega a curvarse luego de cortada, no se preocupe pues al ponerla en la mesa para armar el ala, se alinea perfectamente y de allí sale la forma final, ya trabajada con la mezcla de resina y vidrio.

### Trabajando la espuma de poliuretano

El perfilar y dar forma a la espuma de poliuretano, es uno de los detalles para los constructores del Quickie 1.

El poliuretano (uratafo) es un material que toma la forma muy fácilmente, con herramientas muy simples, cuchillos, cepillo de alambre, tornos, lijadores, trozos de la misma espuma, hojas de sierra, etc., etc. Este material se desgasta tan fácilmente que es necesario tener un cepillador a mano para mantener limpio el lugar.

El cuchillo, si es del tipo ozmicero, mejor. Con él se corta la espuma, lo que debe estar es bien afilado y para redondear los contornos, es conveniente usar lija grano 36, pegada a una tabla.

Para hacer los rebajes o cavado a la espuma en los lugares previstos por el plano, se puede hacer con un cepillo de alambre gastado y luego terminar con lija o espuma, usándola como lija.

Si ha quedado alguna hendidura que haya que rellenar, el rellenado debe hacerse con Microseca o Fiox, como se indicó anteriormente y este rellenado debe hacerse una vez terminada la pieza, pues la dureza será distinta y eso complicaría el trabajo posterior. La medida se puede tomar a ojo, midiendo cada tanto la profundidad para no dejar una pared demasiado fina.

### **Armado con tela de vidrio**

Las técnicas de cubrimiento con tela de vidrio, usadas para construir el Quickie 1 o Varieze fueron desarrolladas para que el constructor "casero" tenga la menor cantidad de dificultades y pueda ser construido sin moldes. Solo se necesita una superficie plana como es la mesa de trabajo, al igual que el curado a temperatura ambiente, no necesita hornos o calefactores especiales.

La próxima sección de esta publicación abarcará el 90% de la tarea que deberá invertir para obtener su propio avión. Prepárese muy bien y trate de entender todo lo que se expresa, que allí tendrá el trabajo más importante de esta aeronave.

#### **PASO 1º: Preparación de la tarea**

El trabajo debe ser planificado y por supuesto a nivel casero, planificar es preparar las partes para el trabajo con resina epoxy. Algunas partes llevan muchas horas de tarea, entonces Ud. al preparar el trabajo, deja todo listo para el impregnado de las espumas y colocación de la tela de vidrio, y la planificación del trabajo le indicará que si es mucho, Ud. debe comenzar completamente descansado. Entonces prepara todas las partes y el trabajo con resina lo hace el día que dispone de mayor tiempo o el factor meteorológico es más adecuado.

Para los armados grandes, es muy conveniente que tres personas trabajen juntas: 2 laminadores y 1 preparador de resina. Antes de comenzar, asegúrese que el taller esté bien limpio, póngase ropas viejas o un delantal de taller, ordene y tenga las herramientas bien limpias, el área de trabajo debe estar entre 16° y 32° C de temperatura, pero debe saber que los mejores resultados los obtendrá con temperaturas entre 21° y 23° C. Abajo de 21° C la resina epoxy se pone más espesa y pasando los 30° C, la posibilidad de una reacción exotérmica es mayor.

#### **PASO 2º: Cortar las telas de fibra de vidrio**

No existe ningún requisito de cortar las telas en dimensiones precisas aunque todas deben cortarse con un sobrante. Lo que si es conveniente, es trabajar con dos tijeras, una para cortar las telas (debidamente limpia) y otra para usar en el entelado, la que estará siempre sucia, por la resina. Luego de cortar la tela, enrollar el material y protegerlo de la suciedad o contaminación, lo mismo con las telas cortadas, tenerlas preparadas para el uso y que no se ensucien.

#### **PASO 3º: Preparar las superficies**

La preparación de la superficie es la diferencia que existe en el trabajo en composite. Aquí trataremos especialmente la de la espuma y se hace nivelan-

do áreas desparejas con un bloque de lijado. El polvillo sáquelo con aspiradora o soplando aire de un compresor, verificando que el espesor o la forma sean las correctas del plano. Para eso utilice las plantillas y sobre todo controle las áreas que determinan los perfiles alares para que no haya lugares altos o lugares bajos. Controle la profundidad para que cuando haga el entalado quede correctamente a nivel, tomando en cuenta que el espesor de la UNidireccional es de 0,228 mm y el de la BIDireccional de 0,330 mm por cada capa.

#### **PASO 4°: Mezclar la resina epoxy**

Mezcle la epoxy cuando la necesite, no antes. Para el trabajo se necesitará micro suspensión aplicada sobre la espuma, antes de colocar la tela. La distribución de la micro suspensión puede ser realizada con un rodillo fino, pincel o espátula. Si hay agujeros o ranuras, rellene con micro seca.

#### **PASO 5°: Colocación de la Tela**

Coloque la tela en la dirección especificada en los planos constructivos, tirando de los bordes para alisarla y sacar las arrugas. Se obtiene una mayor resistencia si la tela está bien estirada, no formando ondas. Si la tela debe ser aplicada en un rincón, se aplica a 45° con respecto al rincón, ya que esto facilita la operación de impregnación.

No se deprima si el armado parece un desastre y sin arreglo en ese lugar. Para remover arrugas, estudie la dirección de las fibras, siga la fibra hasta el borde y tire de ella hacia afuera, ya que empujar la fibra para sacar una arruga, es incorrecto. Una vez que la parte esté libre de arrugas, use un rodillo y haga algunas pasadas livianas desde el centro hacia afuera, para suavizar la tela.

#### **PASO 6°: Impregnado de la tela**

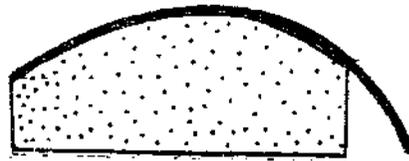
Moje la tela con una capa fina de resina epoxy. Nunca use micro entre láminas de tela. Si debajo de la tela hay mucha epoxy de la impregnación de la espuma, la tela se impregnará cuando Ud. haga el trabajo con el pincel. El trabajo es pegar con el pincel de punta para que la tela se impregne debidamente, o sea que pase a través de ella, eliminando el aire que puede haber quedado entre la tela y la resina epoxy.

Las telas se deben impregnar con la adecuada cantidad de resina, para evitar el exceso de peso y tener mayor resistencia.

**RECUERDE:** La epoxy no agrega resistencia colocándola en exceso. Solo debe impregnar la tela y no debe quedar aire en la tela, ya que cualquier agregado de epoxy es peso muerto. En algunos lugares que van colocadas varias telas, se puede poner epoxy primero y luego impregnando desde arri-

ba pasar la epoxy a través de las telas. Esto se hace por que es más rápida la tarea, pero hay que estar práctico en la tarea para no dejar exceso de epoxy. Inspeccione si hay burbujas (pequeños lunares blancos). En ese caso pase el rodillo con más resina, hasta eliminar el aire. Un rodillo de pintar común puede ser usado para aplicar la epoxy, lo mismo que un pincel. En las últimas capas de tela se agrega mayor cantidad de epoxy.

La tela que sobre debe ser cortada a más o menos 12 mm de borde, para que cuando cuelgue no haga peso y levante la parte impregnada produciendo burbujas de aire.



El borde sin recortar, causa una burbuja de aire



Recortado con cuchillo

Moje la parte saliente, para que cuando esté gelificada, pueda ser cortada fácilmente con un cuchillo.

#### **PASO 7°: Pasada de una espátula**

Retire el exceso de epoxy con una espátula, y ésta puede ser de goma tipo pintor duco.

La tarea se realiza hacia afuera del borde de la parte. Recuerde es mucho mejor que haya exceso de epoxy en el suelo del lugar de trabajo, que en el avión.

Si se restrega demasiado es posible que la pieza esté demasiado seca y entonces se verá blanca, lo cual indica la presencia de aire. Si le ocurre esto, moje la tela con un poco de epoxy y puntéela con un pincel.

La epoxy que se rasquetée y sea llevada al borde, puede ser aprovechada nuevamente si se la puede poner en el vaso con el que se está trabajando. El armado terminado debe aparecer suave y verde y el tramado de la tela claramente visible, pero no tan seca que aparezca blanca. Para saber si se ha hecho un buen trabajo, Ud. debe tener los 2/3 del peso de la tela, en resina.

Una manera de comprobar si hay exceso de epoxy, es pasar una espátula por la superficie y detenerla antes de llegar al borde. Si al levantarla queda una línea, es que hay exceso y debe eliminarse, llevándola hacia los bordes. La mitad del tiempo de trabajo es insumida en esta tarea de corregir el exceso o la falta de epoxy.

#### **PASO 8°: Inspección general**

Luego que Ud. ha terminado el armado, tómese unos pocos minutos y

dele una buena inspección, por si hay aire atrapado, vidrio seco, exceso de epoxy o delaminación.

Es mucho más fácil corregir estas cosas cuando el armado está mojado, que cuando está curado. También haga que alguien más lo inspeccione, ya que otra persona puede encontrar burbujas o motas que pasan desapercibidas a quien ha trabajado. Una buena luz puede ayudar para buscar aire, colóquela en varios ángulos sobre la superficie. **Si Hay Algo de Aire Visible, Puntéelo Hasta que Desaparezca.**

Asegúrese que la coincidencia en los bordes sea perfecta y si en un rincón agudo tiene problemas eliminando burbujas, use algunos de estos métodos:

- a) Levante la tela, separándola de la espuma, pase micro mojada con una espátula, agregue más epoxy y vuelve a colocar la tela.
- b) Agregue un exceso de espuma sobre la burbuja, cubra la superficie con un papel celofán, aprete fuertemente desde el centro hacia los bordes para que el aire se corra hacia afuera. El celofán impedirá la entrada de aire y apretará la tela al rincón con problemas.

#### **PASO 9º: Llenado preliminar de contorno**

Algunos lugares, como sobre el larguero y a lo largo del borde de fuga requieren un llenado de micro seca y es conveniente hacerlo en el período de 2 a 3 horas luego del laminado con fibra de vidrio.

Si Ud. espera que el armado se cure, deberá lijar la fibra de vidrio a una terminación lisa, antes de aplicar la micro seca.

#### **PASO 10º: Limpieza**

Los pinceles pueden ser usados de 2 a 4 veces, si después del trabajo son lavados con agua y jabón. Limpie el exceso de epoxy, moje el pincel con agua y jabónelo con jabón en polvo, enjuague con agua caliente y repita tres veces la operación. Asegúrese que estén bien secos antes del próximo uso en laminado.

Si Ud. usa alguna crema para proteger las manos, el lavado con agua caliente sacará la epoxy y la crema, y si usa guantes para protegerse, también lave sus manos con agua y jabón. Si las herramientas están impregnadas con epoxy, lávelas con acetona antes que la epoxy fragüe.

La única manera de proteger su ropa buena es no usarla, por eso hay que usar ropa vieja o algún delantal de taller. No haga ningún laminado con ropa buena.

Si Ud. vé que los trabajos que ha hecho son un desastre, luego de su primera experiencia no se aflija, ya mejorará y luego estará orgulloso del avión que obtendrá. También poco a poco aprenderá a no limpiarse las manos en la ropa (tener un trapo a mano) y no rascarse las orejas, ojos y otras partes del cuerpo durante el laminado.

Si sus herramientas y áreas de trabajo están limpias y ordenadas y Ud. es disciplinado, con la resina epoxy el trabajo puede ser mucho menos engorroso que el necesario con otros materiales.

#### **PASO 11º: Recortado a cuchillo**

Cuando un laminado está mojado, Ud. puede recortar con la tijera, hasta 7 u 8 mm. de la pieza, sin romper las fibras. Una mejor y más fácil terminación se obtiene esperando de 3 a 5 horas después del laminado. En ese momento estará lo suficientemente duro, como para evitar que la resina se deshilache y lo suficientemente blando para ser cortado con un cuchillo bien afilado.

Este momento es el óptimo para recortar con precisión y facilidad. Como herramienta use una cuchilla Xacto o un cuchillo muy bien afilado. Corte hacia abajo los restos sobrantes del corte tijera y la experiencia le enseñará a determinar el tiempo necesario que deberá esperar, luego de laminar.

Si por el contrario Ud. espera que el laminado esté curado, el borde deberá cortarse con sierra. Luego lija para suavizar el lugar y tenga cuidado con las "agujas" (partes filosas que quedan después del corte con sierra). Las "agujas" pueden ser evitadas, si se usa lo indicado anteriormente, es decir el corte a cuchillo. El tiempo de espera varía de acuerdo a la temperatura: para 16° C puede ser de 6 horas, para 32° C puede ser de 1 hora.

#### **Otras Precauciones**

##### **Preparación de superficies:**

Una superficie laminada, para el armado debe ser preparada, lijando hasta que se obtenga un acabado suave con papel grano 36 a 60. La superficie no debe quedar lustrada o brillante, sino mate, para obtener una buena adherencia, y no se debe aplicar micro suspensión, pues éste elemento es débil. Solo debe usarse resina epoxy.

La madera no requiere preparación especial para ser unida, solo que debe estar libre de grasa, aceite, pintura o barniz. Antes del armado lije la superficie de madera con lija grano 36.

Las superficies de metal no son tan adherentes como el plástico o la madera, pero hacen aún buen ligamento. Hay una forma de mejorar esto y es perforar el metal, para que la epoxy haga como un remachado en los agujeros. Igualmente no debe tener aceite, grasas y la superficie debe ser lijada con lija grano 220.

##### **Control de Calidad**

Una de las ventajas en las técnicas de construcción con materiales Compuestos vidrio-espuma es la facilidad para inspeccionar visualmente la estructura desde afuera. la transparencia del material, permite ver a través de las capas.

**Existen cuatro defectos básicos en el armado:**

- Areas con poca resina**
- Arrugas o protuberancias en la fibra de vidrio**
- Delaminaciones**
- Daños por lijado**

**Criterio de poca resina o sequedad**

Ubique un cuadrado de 15 cm de lado en un lugar crítico de armado. Fíjese si hay alguna evidencia de presencia de aire (motas blancas, burbujas, o aire en la cara de la espuma). Si la evidencia es mayor de un 10% del área, esa parte no debe ser aceptada. Rechace o repare cualquier evidencia de falta de resina, o huecos en los bordes de ataque y de fuga. Aún mejor, antes del curado, con muy buena luz haga una inspección previa, ya que entonces es muy fácil reparar la deficiencia.

Las delaminaciones en un laminado, son como burbujas llenas de aire y son claramente visibles. Hasta de 50 mm de diámetro, pueden repararse, agujereando un pequeño orificio e inyectando epoxy en su interior. Si su pincel larga pelos, no se preocupe, ni es necesario sacarlos, salvo que a Ud. no le agrade su presencia.

**Protuberancias y Depresiones**

El mejor método para controlar esto es utilizar una regla metálica, de 30 centímetros de largo, en el sentido de la envergadura, o sea paralela al borde de ataque. Con la regla acostada, trate de ver si hay huecos o bordes, que superen 1,5 mm de profundidad o de protuberancia. Si existen esas diferencias, la parte debe ser reparada.

**Rincones**

En la construcción del Quickie, existen básicamente dos tipos de rincones o ángulos: los que deben resistir estructuralmente y los que hacen a la forma. En el primer caso es muy importante que la fibra de vidrio, esté dispuesta de manera que sus hilos estén trabajando en la dirección donde la fuerza será aplicada, para distribuir la misma.

Cuando deba disponer los hilos de la tela en curvas, considere que un radio mínimo de 5 mm es importante mantenerlo para los primeros y para los segundos basta con un radio de 3 mm.

Si el detalle constructivo, hace necesario un ángulo muy grande y que no requiera gran esfuerzo, éste puede hacerse con "flox". Para unir las caras del fuselaje, es conveniente dar en la parte interna, un triángulo de flox, el que luego será entelado con la tela de vidrio, en 45 grados y con un espesor de 0,5 mm.

### **Borlas de ensamble**

El ala tiene dos caras, la superior y la inferior y como el trabajo de entelado no puede hacerse a la vez, es necesario preparar los bordes donde se cruzarán las telas para hacer una sola superficie.

El método es el siguiente: Una vez colocada la primera capa de tela, a una distancia de 40 milímetros del borde de ataque, se cubre hacia el borde con una tela de dacron de un ancho de 50 milímetros (el dacron puede ser de 100 gramos por metro cuadrado, similar al que se usa para entelar aviones) y luego se sigue el plan de entelado con las capas indicadas en los respectivos planos. Una vez pasadas las 3 o 4 horas, cuando la tela de vidrio esté en las condiciones que se indicó para el corte con cuchillo, hacer lo mismo en el lugar donde está el dacron y luego levantar el mismo. Esa peleta, permitirá que al poner la otra capa de tela de vidrio de la otra cara del ala, haga una perfecta adherencia a la anterior y dará un detalle muy importante sobre todo en los bordes de ataque en cuanto a la perfección del perfil logrado.

Este método puede ser usado en lugares donde haya que terminar dos telas sin aumentar su espesor, para no tener que lijar luego el traslape producido.

### **Precauciones para la salud**

#### **Protección de la piel:**

Si Ud. trabaja la resina epoxy con los brazos desnudos, puede tener alergia. La "sensibilización" a la epoxy es una experiencia muy desagradable y debe ser evitada, por ello aconsejamos utilizar una crema como barrera protectora y/o guantes de médico, descartables. La crema le permitirá eliminar la epoxy lavándose con agua y jabón.

Un 5 a un 7% de las personas es alérgica a la epoxy, en forma acentuada y sufrirán sarpullido o hinchazón facial. Estas personas, ayudadas por un médico pueden conseguir antialérgicos o usando máscaras y guantes, prevenir las mismas.

Lo importante, así no tenga reacción inicial visible, es usar la crema protectora y no dejar nunca que la epoxy entre en contacto directo con la piel. La sensibilidad es acumulativa y Ud. podría tener más adelante una alergia que le dificultará su trabajo.

#### **Protección del polvo:**

Es conveniente el uso de una máscara para el polvo, cuando se realicen las operaciones de lijado, tanto de espuma como de fibra de vidrio, por ser el mismo dañino para sus pulmones.

# QUE ES LA EAA



La EAA es una institución, destinada a promover y desarrollar la aviación deportiva, tarea que realiza a través de sus especialidades:

## EXPERIMENTALES ULTRALIVIANOS ANTIGUOS CLASICOS ACROBACIA

Con la construcción casera, la EAA le ayuda a ponerle alas a sus sueños, no es difícil imaginar la emoción de construir una aeronave y luego volarla, pero no todo es color rosa, muchas veces el camino es cuesta arriba y los problemas numerosos, aquí es donde se pone de manifiesto la colaboración de la entidad, brindando a sus miembros asesoramiento y apoyo a través de sus filiales (chapter).

Otra actividad importante es, el trabajo de los restauradores de aeronaves CLASICAS ó ANTIGUAS, que están recuperando un sector preponderante de la aviación civil.

La EAA Argentina, está trabajando en la difusión de sus ideas, tradiciendo bibliografía, imprimiendo manuales, haciendo reuniones y organizando una Convención en Vuelo anual, para que todo el país y vecinos, intercambien ideas, opiniones, muestren sus trabajos, vean los de otros aficionados, reciban información, en fin, todo lo que pueda ser interesante a quienes gusta la libertad de VOLAR.

Nuestro objetivo es transmitir conocimientos y lograr que haya una mayor cantidad de entusiastas sin importarnos las fronteras o los credos, aquí el punto más importante es el deseo de VOLAR.

Los primeros miércoles de cada mes, a las 20 horas, nos reunimos para escuchar conferencias, ver películas técnicas, nuevos materiales y sistemas constructivos y dialogar sobre los múltiples temas de la aviación. La cita es Puán 360 Buenos Aires, comprobará que la aviación es para todos. NO FALTE.

AH! Nos olvidábamos ....

7 y 8 de Diciembre en el Aero Club San Pedro se hará nuestra 4ta. Convención en Vuelo.

EAA Argentina  
Experimentales Aeronaves Asociación Argentina  
Tel. 432-1330

Valle 1362  
1406 Buenos Aires