

## Consejos útiles para laminar con Epoxi

### Introducción

El proceso de elaboración de Materiales Compuestos consiste en unir íntimamente una resina epoxi de laminación con un tejido de vidrio, carbono o aramida (Kevlar®) obteniéndose así un laminado extremadamente resistente y liviano.

El impregnado de las telas junto con la resina epoxi culmina con el endurecimiento, también llamado polimerización que se alcanza en un lapso de 24 horas.

Generalmente a estos compuestos se los puede hornear (cada resina tiene su tiempo específico de secado en horno) para obtener las mejores propiedades mecánicas.

También debemos destacar que la resina epoxi ( a comparación de la resina poliéster) tiene una contracción que prácticamente es despreciable, por ese motivo es el material elegido por excelencia en los laminados de alta calidad.

### Tipos de telas

Primero, qué son las telas?

Las telas se construyen a través de un número de fibras individuales todas estiradas, lo que constituye un hilo. Estos hilos se entrelazan a lo largo y a lo ancho, obteniéndose así una tela tejida.

Existen diferentes tipos de tramas, con esto nos referimos a cómo los hilados se entrelazan, lo cual determinará las características de apariencia y manipuleo de la tela.

### Tejido plano o plain

Un tejido plano es aquél donde cada hilado longitudinal y transversal pasa por encima de un hilo y por debajo del próximo. Esta construcción proporciona una tela reforzada que es ampliamente usada en aplicaciones generales y garantiza laminados de espesor predecible. Este tipo de tela es muy estable, por lo que difícilmente distorsione.

### Tejido cruzado o twill

En un tejido cruzado el número de hilados longitudinales que pueden pasar sobre los transversales (y recíprocamente) pueden variarse, dando distintas construcciones de tejidos cruzados.

Los tejidos cruzados se marcan más fácilmente que los tejidos planos y son fácilmente humedecidos.

### Tejido satinado o satin

En las telas del tejido satinado el entrelazado es similar al del cruzado, aunque el número de hilados longitudinales y transversales que pasan recíprocamente por encima y por debajo, antes del entrelazado, es mayor. Por lo tanto, un lado del tejido se construye principalmente con fibras longitudinales, y el otro lado, con transversales, lo cual da un tejido desbalanceado que tenderá a distorsionar antes del curado. Por ésta razón es necesario equilibrar las telas (ver equilibrio de las telas). Tiene un excelente acabado superficial.



Plain



Satin



Twill

### Fibra unidireccional

Este tipo de tramado proporciona un tejido donde la mayoría de las propiedades mecánicas están alineadas en una dirección, ya sea longitudinal o la transversal.

### Tejidos Híbridos

Los tejidos híbridos se construyen tramando en forma conjunta diferentes fibras; la combinación más común es la de carbono y Kevlar®. Esto permite al diseñador incorporar las propiedades de 2 fibras dándole el comportamiento requerido en términos de rigidez y resistencia al impacto conjuntamente con óptima eficiencia en el costo.

# Consejos útiles para laminar con Epoxi

## Resinas de impregnación

Son aquellas que están destinadas a impregnar "mojar" las telas de laminación, una de las más popular es la epoxi, la cual tiene la ventaja de poseer una buena resistencia estructural junto con la propiedad de soportar temperaturas relativamente altas. Son adhesivas por excelencia.

La mayoría de los sistemas de adhesivos o relleno en pasta tienen a la resina epoxi como base, esto asegura que no tendremos ningún problema de compatibilidad cuando las usemos en operaciones posteriores de relleno y adhesivado.

Los sistemas de resina epoxi constituyen una combinación de varios elementos químicos. Cuando éstos se mezclan comienza una reacción que aglutina las moléculas y origina que la resina se convierta en un sólido, manteniendo el componente rígido, y distribuyendo la carga transfiriéndosela a las fibras.

**Debemos tener muy en cuenta que los materiales compuestos se producen justo al final del proceso de manufactura de la pieza. Recién cuando el conjunto está curado podemos verificar los atributos o propiedades finales del compuesto.**

## PREPREGS

Son tejidos o fibras preimpregnadas con resina en estado semicurado (estado B).

## Equilibrio entre capas

El equilibrio de las capas de un laminado es un detalle que no debemos descuidar para obtener un laminado cuya resistencia sea uniforme, recuerde que **siempre el posicionamiento de la primera capa debe ser igual a la última** (ver cuadro en hoja 5).

Estableceremos que las fibras longitudinales tienen una orientación a 90 y las transversales 0.

Para mejorar la resistencia en otras direcciones debemos agregar las +- 45. Con el fin de producir un laminado balanceado éste debe verse reflejado como en un espejo alrededor de su plano medio o eje. Esto se logra trabajando a partir del medio, haciendo lo mismo para un lado que para el otro.

Nuestra primera capa siempre debe ser la 0° la siguiente a -45°, +45°, 90°, 90°, +45°, -45° y finalmente terminamos con la capa a 0° con la que concluimos un laminado base a 8 capas.

## Definición sobre los materiales

PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN
Tejidos	Telas de fibras de vidrio, carbono o aramidas (Kevlar ®) de varios gramajes el mas habitual es 220 gr/m <sup>2</sup>	Refuerzo
Resina	Resina Epoxi	Aglomerante
Cera	Cera en pasta	Desmoldante
Agente de Despegue	Solución de Alcohol Polivinílico	Desmoldante

# Consejos útiles para laminar con Epoxi

## Herramientas y utensilios necesarios

ELEMENTO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN
Pincel	1	Duro, de cerda	Impregnación de la fibra de vidrio
Rodillo	1	Plástico/metálico	Eliminación de burbujas en el laminado
Pipetas grabadas a 0,5 ml.	2	De vidrio	Medición del acelerante y catalizador
Probeta	1	De vidrio	Medición del Diluyente
Recipiente	1	De hojalata/plástico	Contenedor para el mezclado y aplicación de la resina poliéster
Espátula	1	Metálica	Corte de fibras y refileado del producto moldeado
Lijas	Varias	Granulometrías varias	Lijado manual y acabado
Tijera	1		Corte de fibras y telas

**Trate de tener thinner o acetona industrial que será utilizada como desengrasante de piezas y limpieza de utensilios, las manos se lavan con agua y jabón.**

### Descripción de pasos a seguir

- 1- Desengrasado del molde
- 2- Aplicación del agente desmoldante
- 3- Laminación
- 4- Remoción del aire y compactado con vaccum bagging.
- 5- Curado.
- 6- Post curado en horno (opcional) eleva las propiedades mecánicas del laminado.

### 1-PREPARACIÓN DE UN MOLDE

El molde deberá tener cierta conicidad imprescindible para el desmolde posterior y no poseer ángulos negativos que dificulten la salida.

Como primer paso desengrasar el molde, luego aplicar el agente desmoldante tantas capas como fuera necesario, según el tipo de agente y molde para evitar el adhesivado de la laminación al mismo. Si la matriz es nueva se deben sellar los poros con productos especiales sellaporos para matrices del tipo TR y luego aplicar desmoldantes adecuados.

Todo esto debe realizarse en un lugar bien ventilado lejos de fuentes de calor.

Entre los desmoldantes existen varios tipos, algunos son ceras, siliconas o también alcohol polivinílico (PVA), se debe elegir el material con el que se sienta más cómodo, si se necesita una terminación absolutamente brillante (copiando exactamente la terminación de la matriz) le sugerimos que utilice una cera y si son laminaciones seriadas le recomendamos que utilice siliconas o alcohol polivinílico.

Una vez realizado este paso importante y esperando la evaporación de los solventes de las ceras o de las siliconas desmoldantes cortaremos las telas de acuerdo a la necesidad de espesor que queremos obtener en la laminación final.

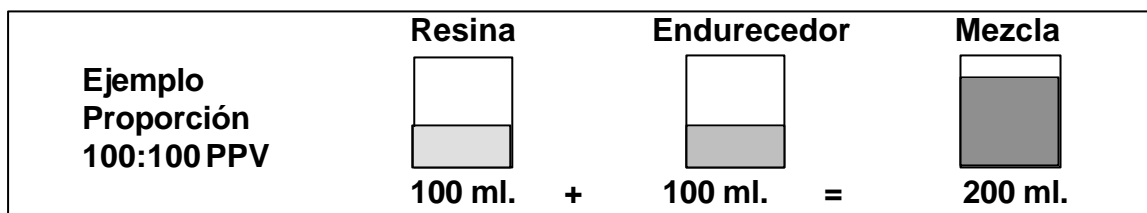
Habiendo sacado el cálculo sobre la laminación y teniendo a mano todas las herramientas necesarias podremos comenzar a realizar la mezcla de la resina epoxi + el endurecedor.

### 2-Preparación de la mezcla

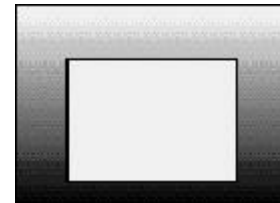
Antes de todo debemos tener en cuenta que éste es el último paso previo al laminado, antes debemos cortar las telas y preparar todos los elementos necesarios, después analizaremos de que forma vamos a medir los componentes, si por **peso** o por **volumen**. En el primer caso, si tenemos una proporción de 100:50 PPP, significa que la mezcla correcta debería contener 100 gramos de resina y 50 gramos de endurecedor.

En el caso de utilizar kits por volumen se facilita aún más ya que directamente una proporción por ejemplo 100:100 PPV significa que tendremos que medir 100 ml. de resina con 100 ml. de endurecedor (ver ejemplo) esto que parece tan sencillo no significa que no se le deba poner atención en su preparación.

## Consejos útiles para laminar con Epoxi

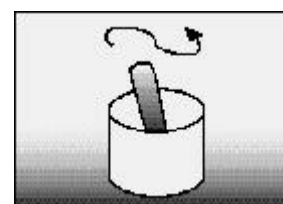
**Incorrecto**

Un error muy común al medir por volumen es el de utilizar recipientes de lados no verticales para hacer la proporción, que resultará así incorrecta.

**Correcto**

### ATENCIÓN: No cambie las proporciones!!

No intente cambiar las proporciones de resina y endurecedor para variar el tiempo de fraguado, ya que su relación está estudiada y la variación haría que el compuesto no curara o quedara pegajoso.

**Incorrecto****Correcto**

### 3- Mezclado

Una vez medidos correctamente los pesos o volúmenes de resina y endurecedor, éstos deben ser mezclados concienzudamente, agitando bien pero lentamente y raspando los costados y el fondo del recipiente con una espátula.

Continúe mezclando hasta que la mezcla sea de un color homogéneo y no se preocupe por algunas burbujas de aire, que son normales y luego desaparecen. El mezclado lleva alrededor de 3 minutos, dependiendo del tamaño y la forma del envase y la cantidad y temperatura de la mezcla.

No mezcle grandes lotes de resina + endurecedor . Es mejor preparar 3 de 50 grs. que uno de 150 grs.

Los lotes grandes son más difíciles de mezclar, tienen un tiempo de uso (pot-life) menor y además cuestan más si se deben deshechar.

#### Tiempo de uso (Pot life)

Como dato indicativo se puede precisar que unos 100 grs. de resina / endurecedor se mantienen utilizables durante unos 25 minutos (**dato estimativo por favor leer el tiempo de pot-life para cada kit Epoxi de Laminación**) aproximadamente a una temperatura de manipuleo de 20-25°C. Una vez expirado el plazo la mezcla ya no debe utilizarse.

#### Endurecimiento del epoxi

El tiempo de endurecimiento depende de la temperatura inicial de los componentes. Es importante recordar que la reacción de la resina con el endurecedor es exotérmica, es decir que desprende calor, por lo que si colocamos la mezcla en un recipiente donde tenga una mayor superficie de disipación podremos alargar al máximo el tiempo de uso (Pot life), mientras que en un envase pequeño el calor no se disipa y por lo tanto acelera la reacción cada vez más, acortando el Pot-Life.

El tiempo de curado transcurrido se acorta si aumenta la temperatura y se alarga si la temperatura descende, por debajo de 15°C el tiempo no es computable para el curado de la resina.

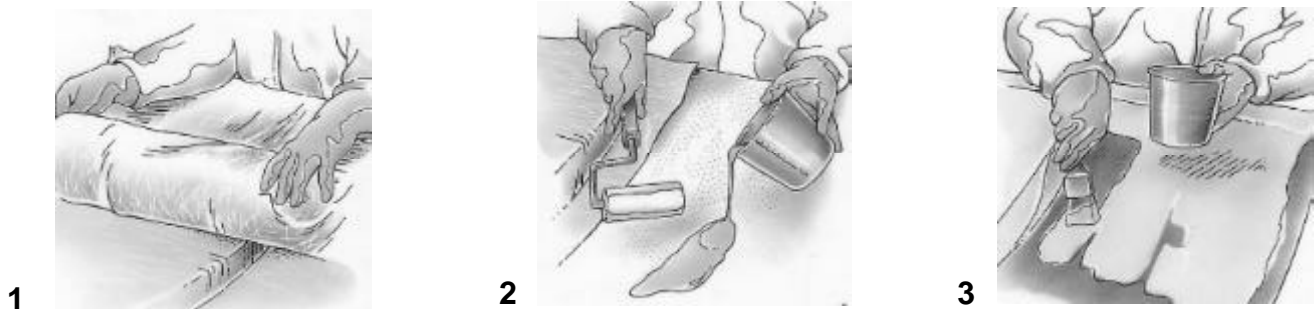
## Consejos útiles para laminar con Epoxi

### 4- Cómo laminar

Posicionamos la tela de vidrio (1) y comenzamos a impregnarla con pincel o con rodillo (2) hasta que de una apariencia de transparencia de la tela, (evite las burbujas de aire en la laminación) en ese momento nos fijaremos si no tenemos excedentes en la laminación, si lo tuviéramos lo podemos extraer con el mismo pincel (3), después continuaremos con las capas siguientes hasta llegar al espesor deseado.

En algunos casos para garantizar que la laminación quede absolutamente plana se procede a prensarla utilizando el proceso de vacuum bagging.

La laminación debe quedar pareja en todo sentido, si utiliza telas de vidrio, carbono o aramidas equilíbreelas (ver equilibrio de capas) de esta forma se evita que se levanten los bordes en el proceso de secado.

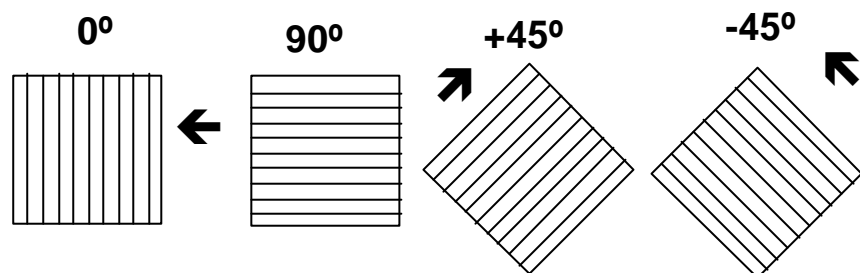


### Posicionamiento de las capas

#### Primera capa

- |   |       |      |
|---|-------|------|
| 1 | _____ | 0°   |
| 2 | _____ | -45° |
| 3 | _____ | +45° |
| 4 | _____ | 90°  |
| 5 | _____ | 90°  |
| 6 | _____ | +45° |
| 7 | _____ | -45° |
| 8 | _____ | 0°   |

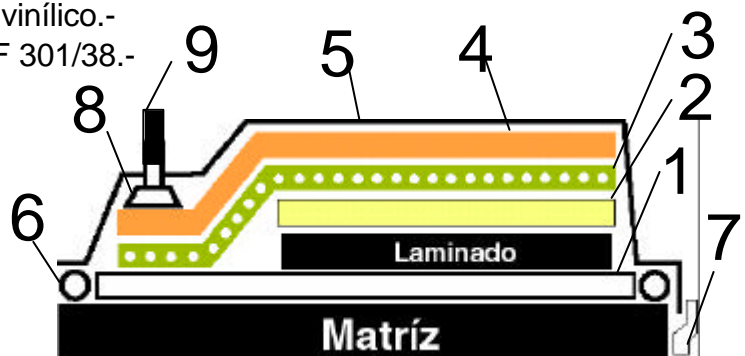
#### Ultima capa



### Esquema de laminado con bolsa de vacío

Simplemente queremos describir como es un esquema de laminación utilizando Vacuum Bagging (bolsa de vacío) para curado hasta 100°C.

- 1 - Desmoldante que puede ser una cera en solución tipo QZ 11 o uno a base de siliconas tipo QZ 13 o cera TR o RP 805 o PVA Alcohol Polivinílico.-
- 2 - Peel Ply o Release Fabric tipo Hexcel F 301/38.-
- 3 - Film Perforado.-
- 4 - Breather.-
- 5 - Vacuum Bagging (bolsa de vacío).-
- 6 - Vac-Tape (cinta selladora de bolsa de vacío).-
- 7 - Pressure Tape.-
- 8 - Vac Valve (válvula de vacío).-
- 9 - Conector de desconexión rápida.-



# Consejos útiles para laminar con Epoxi

## Características del epoxi versus poliéster

Aclaremos que no está en nuestro criterio recomendar uno u otro material, simplemente detallamos las propiedades de las resinas en una comparación práctica.

Características de la resina	Epoxi	Poliéster
Costo	Elevado	Bajo
Facilidad de uso	Fácil de usar	Difícil
Impermeabilidad al agua	Muy buena	No
Módulo de flexión	Excelente	Muy bueno
Módulo de tensión	Excelente	Muy bueno
Tolerancia a ultravioletas	Bajo	Muy bueno
Uso en Compuestos avanzados con carbono o Kevlar ®	Excelente	No recomendable
Sellando o reparando madera	Excelente	Bueno
Rellenado en compuestos	Excelente	Bueno
Adhesivado en similares	Excelente	No
Curado en superficies finas	Polimeriza en superficies finas	Generalmente debe ayudarse con un anti -tacking

## Preguntas frecuentes???

### 1- Se puede combinar compuestos de epoxi con poliéster?

No es recomendable debido a la exudación de monómero de estireno del poliéster.

### 2- Puedo adhesivar dos compuestos epoxi?

Si, utilizando un adhesivo epoxi para que no tenga rechazo de materiales.

### 3- Cuanta resina epoxi (se entiende resina +endurecedor) necesito para hacer en compuesto de calidad?

Generalmente un excelente compuesto se maneja en un 70% de tejido y un 30% de epoxi para dar un ejemplo partimos de un carbono Hexcel código 282 que tiene un gramaje de 196 gr/m<sup>2</sup> se entiende que:

$$\begin{aligned}
 1\text{m}^2 \text{ de carbono de } 196 \text{ gr/m}^2 &= 70\% \\
 \text{Compuesto epoxi } 84 \text{ gr} &= 30\%
 \end{aligned}$$

### 4- Puedo continuar el laminado en un compuesto ya polimerizado (seco)?

Si, pero es conveniente lijarlo finamente para sacar los restos de grasitud y garantizar una unión perfecta con el nuevo material.

### 5- Como puedo bajarle la viscosidad al epoxi?

Exclusivamente calentándolo a baño maría a un máximo de 40°C, pero para laminar **NO** lo recomendamos por que disminuiría su tiempo de trabajo.

### 6- Que es un Peel Ply o Release Fabric?

Es básicamente una tela que tiene incorporada un desmoldante seco a base de siliconas, funciona como un desmoldante y le brinda una excelente terminación y textura del lado que laminamos.

### 7- Que es un Breather?

Es una fibra porosa que permite la realización y distribución del vacío además de absorber el excedente de la resina en un laminado utilizando vaccum bagging.

## Consejos útiles para laminar con Epoxi

### 8- ¿Cuánto vacío se necesita para un laminado con bolsa?

Eso varía dependiendo del laminado pero en terminos generales se toma de 1/4 a 1/2 atmósfera como correcto.

Para disipar dudas referente a esta medida damos los siguiente datos:

	Atmosfera	mm. de mercurio
Atmosfera	1	760
mm. de mercurio	760	1
Bares	0.9869233	7.500.617
Milibar	0.0009869233	0.7500617

### Datos de seguridad

Las resinas epoxi son productos químicos por lo tanto es conveniente tomar las siguientes precauciones:

No mezclar ni aplicar en ambientes cerrados. Usar guantes protectores.-

En caso de salpicaduras en los ojos lavar con abundante agua corriente por lo menos durante 15 min. y consultar a un médico.No ingerir alimentos ni bebidas en el área de aplicación. No fumar en dichas áreas. Utilizar sólo agua y jabón para el lavado de las manos y NO solventes.

Los utensilios se limpian con thinner o acetona.-