

MANUAL DEL CURSO: MODELADOR LAMINADOR DE POLIESTER REFORZADO



Marzo 2021

MANUAL DEL CURSO: MODELADOR LAMINADOR DE POLIESTER REFORZADO

Este documento ha sido elaborado en el marco del *Proyecto Mejora de las capacidades técnicas y materiales de la pesca artesanal salvadoreña y su cadena de valor para el ejercicio de una actividad segura y sostenible*, como parte de la Asistencia Técnica de apoyo a Asamblea de cooperación por la Paz y AGARESO en el marco de la “ACTIVIDAD 2.2: Refuerzos y asentamiento de molde y construcción de la embarcación”. Proyecto financiado por la Dirección Xeral de Relacións Exteriores e coa Unión Europea da Xunta de Galicia en la convocatoria de 2019 de proyectos de cooperación para el desarrollo en el exterior.

ELABORACIÓN:

Xosé Lois Pazos Campos. Experto en composites y asistencia técnica del Centro Tecnológico del Mar- Fundación CETMAR.

REVISIÓN Y COORDINACIÓN:

Eva Coromoto Raña Alvarez. Área de Cooperación Internacional. Centro Tecnológico del Mar – Fundación CETMAR.

Guadalupe Martín Pardo. Área de Cooperación Internacional. Centro Tecnológico del Mar – Fundación CETMAR.



2021 - MANUAL DE MODELADOR LAMINADOR DE POLIESTER REFORZADO. Elaborado por Xose Lois Pazos Campos y Fundación CETMAR, se distribuye bajo una Licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional License.

Para otros usos diferentes a los establecidos en esta licencia, por favor contactar con <http://www.cetmar.org/>; internacional@cetmar.org

ENTIDADES COLABORADORAS



AGARESO
Asociación Galega de Comunicación
para o Cambio Social



FINANCIADO POR:



INDICE

| | |
|---|----------|
| SECCIÓN I. PARTE ESPECÍFICA..... | 6 |
| 1 INTRODUCCIÓN..... | 7 |
| 2 MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS | 8 |
| 2.1. RESINAS..... | 8 |
| 2.1.1. COMPOSICIÓN | 8 |
| 2.1.2. CURADO | 9 |
| ACTIVACIÓN DEL CURADO | 9 |
| FASES DEL CURADO..... | 10 |
| Tiempo de Gel | 10 |
| Curado al tacto..... | 10 |
| Curado completo. | 10 |
| 2.1.3. FORMULACIÓN..... | 11 |
| CATALIZADORES..... | 12 |
| ACELERANTES..... | 13 |
| AJUSTE DE FORMULACIONES..... | 13 |
| 2.1.4. EFECTO DE LA TEMPERATURA | 14 |
| 2.1.5. OTROS ADITIVOS..... | 16 |
| DISOLVENTES: | 16 |
| PASTAS COLORANTES: | 16 |
| AGENTES TIXOTRÓPICOS: | 16 |
| AGENTES IGNÍFUGOS:..... | 17 |
| CARGAS INERTES:..... | 17 |
| PARAFINAS: | 18 |
| 2.1.6. CLASES DE RESINA Y SU APLICACIÓN | 19 |
| 2.2. REFUERZOS Y ARMADURAS | 21 |
| 2.3. MATERIALES DE RELLENO Y FLOTABILIDAD | 25 |
| 2.4. ABRASIVOS..... | 27 |
| 2.4.1. CLASIFICACIÓN DE LOS ABRASIVOS | 28 |
| 2.4.2. APLICACIONES GENERALES | 28 |
| 2.4.3. TERMINOLOGÍA DE LOS ABRASIVOS | 29 |
| 2.4.4. LOS ABRASIVOS FLEXIBLES O LIJAS | 30 |
| 2.4.4.1. DEFINICIÓN Y COMPONENTES..... | 30 |
| Soporte..... | 31 |
| Minerales y granos..... | 34 |



| | |
|--|-----------|
| Adhesivo: encolado y reencolado | 39 |
| 2.4.5. FACTORES QUE AFECTAN AL RENDIMIENTO DE LOS ABRASIVOS..... | 40 |
| 3 LAMINADOS PLÁSTICOS..... | 42 |
| 3.1. TIPOS..... | 42 |
| 3.2. PROPIEDADES FÍSICAS..... | 43 |
| 3.3. ESTIMACIÓN DE ESPESORES Y PESOS | 46 |
| 3.4. TÉCNICAS DE LAMINACIÓN..... | 47 |
| 3.5. ENSAYOS MECÁNICOS Y QUÍMICOS..... | 54 |
| 3.6. DEFECTOS Y SUS CORRECCIONES..... | 55 |
| 4 CONSTRUCCIÓN NAVAL EN POLIÉSTER..... | 64 |
| 4.1. CONSTRUCCIÓN DEL CASCO Y CUBIERTA | 64 |
| 4.2. ESTRUCTURA INTERIOR Y REFORZADOS..... | 65 |
| 5 TALLERES Y SUS INSTALACIONES | 66 |
| SECCIÓN II. SEGURIDAD E HIGIENE..... | 69 |
| CAPÍTULO I: SEGURIDAD EN LAS FÁBRICAS Y EN EL MANEJO DE MATERIALES..... | 70 |
| 1. SEGURIDAD EN FÁBRICA..... | 70 |
| 1.1. MATERIALES..... | 70 |
| 1.2. EXPERIENCIAS CON FUEGO | 73 |
| 1.3. RECEPCIÓN Y ALMACENAMIENTO | 75 |
| 1.4. PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO..... | 77 |
| 1.5. SEGURIDAD DEL EQUIPO..... | 77 |
| 1.6. ENSEÑANZAS PARA LA SEGURIDAD | 78 |
| 1.7. CONSERVACIÓN | 78 |
| 1.8. CUIDADO CON LOS RESIDUOS GENERADOS EN EL TRABAJO | 79 |
| 1.9. EQUIPO CONTRA INCENDIOS Y DE PRIMEROS AUXILIOS..... | 79 |
| 2. SEGURIDAD EN EL MANEJO DE MATERIALES – (PERÓXIDOS ORGÁNICOS)..... | 82 |
| 2.1. EMBALAJE Y ENVÍO | 82 |
| 2.2. DATOS SOBRE SEGURIDAD..... | 84 |
| 2.2.1. SÓLIDOS | 84 |
| 2.2.2. PASTAS | 85 |
| 2.2.3. LIQUIDOS..... | 86 |
| 2.2.4. ROTULADO | 86 |
| 2.3. MANEJO Y ALMACENAMIENTO | 88 |
| 2.3.1. GENERALIDADES: | 88 |
| 2.3.2. PERÓXIDOS ORGÁNICOS SÓLIDOS | 89 |



| | | |
|---|--|------------|
| 2.3.3. | PERÓXIDOS ORGÁNICOS EN PASTA | 89 |
| 2.3.4. | PERÓXIDOS ORGÁNICOS LÍQUIDOS | 90 |
| 2.4. | DESTRUCCIÓN DE MATERIALES DAÑADOS EN EL TRANSPORTE Y DE PERÓXIDOS ORGÁNICOS CONTAMINADOS O DERRAMADOS..... | 91 |
| CAPÍTULO II: HIGIENE Y SEGURIDAD DEL PERSONAL..... | | 93 |
| 1. | SEGURIDAD EN EL EMPLEO DE LOS EQUIPOS..... | 93 |
| 1.1. | PROTECCIÓN DE LA MAQUINARIA | 93 |
| 1.2. | UTILIZACIÓN DE COLOR | 94 |
| 1.3. | PREPARACIÓN DE MATERIAL | 94 |
| 1.3.1. | MODELO | 97 |
| 1.3.2. | RECORTADO | 99 |
| 1.3.3. | ACABADO | 103 |
| 1.4. | SALA DE MÁQUINAS..... | 108 |
| 2. | HIGIENE Y MANEJO DE MATERIALES | 109 |
| 2.1. | MONÓMEROS | 109 |
| 2.2. | CATALIZADORES | 112 |
| 2.3. | INICIADORES | 114 |
| 2.4. | PIGMENTOS..... | 114 |
| 2.5. | CARGAS REFORZANTES | 114 |
| 2.6. | CARGAS MINERALES..... | 115 |
| 2.7. | DISOLVENTES | 115 |
| ANEXO 1: NOMENCLATURA NÁUTICA | | 120 |
| ANEXO 2: MATERIALES ESPECÍFICOS DE COMPOSITES..... | | 124 |
| ANEXO 3: ANEXOS PARA EMBARCACIONES..... | | 131 |
| ANEXO 4: CONSTRUCCIÓN DE EMBARCACIONES..... | | 132 |

SECCIÓN I. PARTE ESPECÍFICA.



1 INTRODUCCIÓN.

La invasión industrial del plástico ha afectado de forma espectacular y revolucionaria a la construcción naval de embarcaciones menores y muy especialmente a la de embarcaciones de recreo y deportivas, campo pionero y adelantado en la búsqueda de empleo de nuevos materiales y técnicas constructivas.

Pronto surgió su aplicación como elemento capaz de ofrecer soporte rígido a combinaciones textiles de fibras naturales o artificiales de forma que se podían combinar las propiedades mecánicas de ambas en piezas que conseguían beneficios de las mejores cualidades de ambas fibras. Como elemento armado se han impuesto las fibras de vidrio por sus altas cualidades mecánicas y muy recientemente fibras de grafito y carbono. Una de las principales ventajas de estos productos es su facilidad para la construcción por impregnación de los tejidos con resina en estado líquido que se endurece por la adición de productos catalizadores y acelerantes hasta conseguir un curado químicamente estable del producto final.

Las piezas se obtienen pues por sucesivas capas de tejidos impregnados, lo que ha originado el nombre genérico de "laminados plásticos reforzados con fibra de vidrio". En castellano es usual el término "poliéster" para aludir a estos materiales.

En la actualidad el mercado ofrece barcos de pesca en poliéster de hasta 55 m de eslora, siendo muy marcada la tendencia hacia este material por sus ventajas de ligereza y mantenimiento. Las marinas de guerra también han adoptado el poliéster en sus unidades ligeras de vigilancia y dragaminas, donde el resultado ha sido óptimo en cuanto a operatividad, mantenimiento y vida útil. En la actualidad la práctica totalidad de países occidentales están operando unidades de hasta 100 m de eslora y 800 Tn. de desplazamiento, esperándose que en los próximos años, el material se imponga combinándolo con multimateriales para grandes unidades navales.

A continuación vamos a realizar una exposición práctica de los conocimientos básicos y técnicas de aplicación mínimas necesarias para el que quiera trabajar en la construcción naval en poliéster, rehuendo deliberadamente profundizar en campos técnicos ajenos a la práctica diaria del taller o astillero.

2 MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS

2.1. RESINAS

2.1.1. COMPOSICIÓN

Las resinas son productos químicos sintéticos del grupo de los plásticos que se presentan en estado líquido de consistencia viscosa y coloración transparente opalina. Su característica principal es la inestabilidad química, es decir, la tendencia lenta a la agrupación molecular y como consecuencia la solidificación final en forma vítrea característica.

Nos referiremos solamente a las que tienen aplicación en la industria naval, es decir, las resinas poliéster, vinilíster y las epoxi.

Las resinas poliéster son productos derivados de la condensación de ácidos insaturados orgánicos y alcoholes hídricos, principalmente el ácido maleico, el fumárico, el ácido esoftálico y los flicoles de etileno y propileno.



Distintos tipos de resina

El resultado son unos componentes característicos formados por moléculas insaturadas de poliésteres. Estos poliésteres son susceptibles de agrupación macromolecular para lo cual se precisa un “agente reticulante”. Este agente suele ser normalmente el ESTIRENO MONOMERO, disolvente líquido que se añade a las resinas de poliéster durante el proceso de fabricación.

El estireno cumple la imprescindible función de conectar las cadenas químicas insaturadas del poliéster, incorporándose a las mismas y formando macromoléculas tridimensionales, lo que permite a la resina pasar del estado líquido al sólido.

2.1.2. CURADO

Este proceso de solidificación de las resinas de poliéster en presencia del estireno se llama "CURADO" y termina cuando se alcanza una estructura macromolecular estable en forma de sólido.

El proceso de curado comienza desde la fabricación, pero en la forma comercial normal de las resinas es muy lento por lo que estas se mantienen en estado de utilización (pot-life) durante 8-12 meses o períodos incluso más largos dependiendo de la resina.

No conviene emplear resinas que se hayan almacenado durante más de un año ya que su estado avanzado de curado puede afectar desfavorablemente a su capacidad de adherencia e impregnación.

El curado de las resinas es un proceso exotérmico (que se produce con desprendimiento de calor) muy fuerte, por lo que si se cura una masa considerable de resina se generan en su interior temperaturas muy elevadas que aceleran el proceso, llegando a calentar de tal forma la masa solidificada que pueden producirse tensiones térmicas importantes y retracciones posteriores con fisuras de las piezas.

- Conviene pues:
 - a. Almacenar las resinas en lugares frescos.
 - b. No intentar la producción de piezas que requieran el curado de masas o espesores grandes de resina.

ACTIVACIÓN DEL CURADO

Dado que en la práctica el tiempo de curado espontáneo de una resina es muy largo, se recurre para acortarlo a la adición de un producto químico CATALIZADOR que añadido en pequeñas proporciones sirve de iniciador de un proceso de reacción en cadena que acorta notablemente el tiempo de curado.

Una resina normal catalizada tiene un pot-life de 6-8 horas y un curado ambiente completo de varias semanas, lo cual sigue siendo poco práctico para el ritmo industrial.

Las formas de reducir el curado a tiempos razonables son dos:

- Curado en horno a temperaturas en 80-150° según los casos.
- Adición de un compuesto ACELERANTE.

La adición de un compuesto acelerante por sí solo no inicia la reacción en cadena, pero en presencia del catalizador reduce extraordinariamente el proceso de curado y además cumple la importante función de "regulador" ya que variando sus proporciones podremos ajustar el pot-life de las mezclas y por tanto la manejabilidad de las resinas.

FASES DEL CURADO

En el curado hay fases físicamente muy diferenciadas y de gran importancia en la práctica de utilización.

Tiempo de Gel

Es el tiempo desde que se añaden el catalizador y el acelerante, hasta que la resina adquiere consistencia gelatinosa y deja de poderse trabajar en la impregnación. El T.G. en la práctica puede variar entre 10 y 30 minutos según las dosificaciones de catalizador y acelerante, temperatura, humedad, etc., y aparece de forma brusca muy bien definida.

Curado al tacto

Es el tiempo hasta que la resina está dura pero conserva una pegajosidad o MORDIENTE característico. En este tiempo la reacción se ha extendido a toda la masa con desprendimiento de calor.

La velocidad de reacción en este período es lenta al principio, seguida de un aumento muy rápido y una disminución hasta el período de curado final. Durante una hora aproximada a partir del T.G. el fenómeno es lento y mientras tanto se pueden superponer nuevas capas de laminado sobre la que está curando.

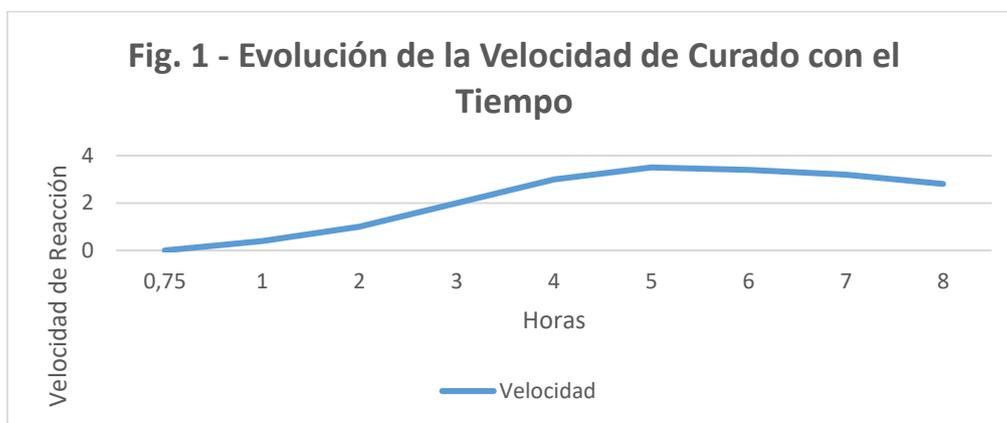
Pasada esta hora comienza el curado rápido que dura de 6 a 8 horas y durante el mismo no conviene añadir nuevas capas, pues el calor de la capa en curado rápido puede evaporar el estireno de la capa siguiente perjudicando su curado.

Curado completo.

Es el tiempo hasta que la reacción es total y la resina adquiere su consistencia sólida estable, y sus propiedades mecánicas plenas.

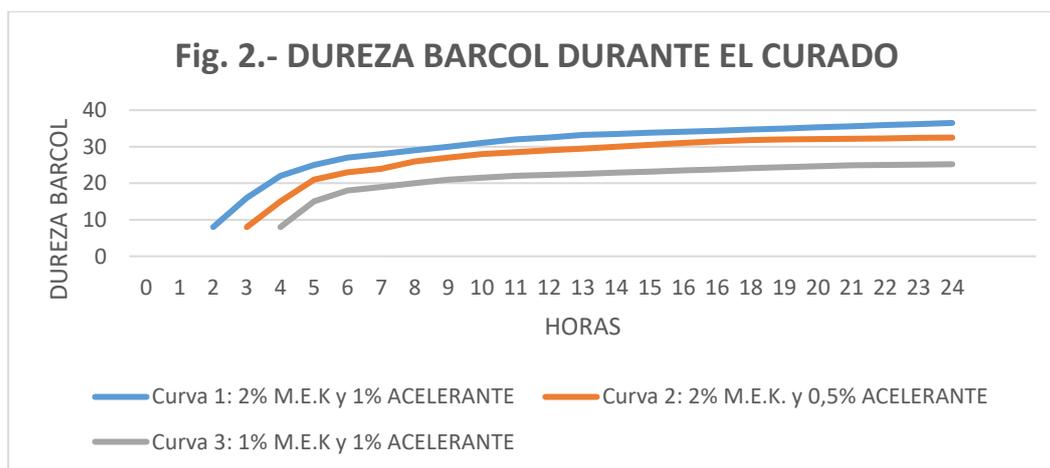
Suele ser de 24 a 48 horas a temperatura ambiente y es muy importante porque determina el tiempo de desmoldeo de las piezas, que si se efectúa antes pueden deformarse por falta de cualidades mecánicas.

En la **fig. 1** se ilustran estos tiempos característicos del fenómeno del curado.



Pasado el tiempo de curado completo no conviene colocar capas sucesivas sin restituir el mordiente de la superficie mediante lija o disolvente, para asegurar la adherencia.

El avance del curado se mide tomando la dureza Barcol en función del tiempo según se muestra en la **fig. 2** típica de un caso normal de aplicación naval.



2.1.3. FORMULACIÓN

La formulación es el dosificado de la resina, catalizador y acelerante que hay que hacer en taller para conseguir tiempos de aplicación en un tiempo no superior al T.G. Por ello, es una operación fundamental en el proceso constructivo y debe ser objeto de un riguroso control de calidad.

Los **principales productos que se emplean al formular son, por orden de dosificación:**

- Acelerante
- Disolvente
- Pasta colorante
- Agentes fixotrópicos
- Agentes ignífugos
- Cargas inertes
- Parafinas
- Catalizador

Excepto el primero y el último, los demás no son imprescindibles y se emplean opcionalmente para fines concretos.

CATALIZADORES

Se emplean dos grupos básicos: peróxidos de acetona y los peróxidos de benzoilo.

Entre los primeros, el más popular y de uso general es el peróxido de metil-etil-cetona (M.E.K.) que se presenta en forma de líquido incoloro, de olor acre que se mezcla muy fácilmente con la resina.

Se dosifica entre el 1% y el 2% pudiendo llegarse hasta el 4%. Hay en el mercado el tipo normal M-50 y el tipo L.P.L. (long pot life). Los tipos M-50 permiten obtener T.G. entre 10 y 40 minutos y los L.P.L. lo consiguen hasta 150 minutos.

Los peróxidos de benzoilo se presentan en forma de pasta de consistencia parecida a la vaselina, color blanco y son relativamente difíciles de mezclar con la resina y engorrosos de dosificar por lo que no gozan de popularidad. Sin embargo, en determinadas condiciones puede ser necesario su empleo.



Probeta de catalización

Se dosifican en peso entre 2,5% y 3,5%.

ACELERANTES

Se emplean dos tipos:

1. **Sales de cobalto inorgánicas.** Se emplea normalmente el octoato de cobalto, líquido de color violeta oscuro que se dosifica en volumen entre 0,1% y 1,0%. Este acelerante se usa exclusivamente en unión del catalizador M.E.K. y otros peróxidos de acetona.
2. **Aminas terciarias.** Se usa casi siempre la dimetil-anilina, líquido de color blanco que se dosifica entre 2,5% y el 3,5% en volumen y se emplea exclusivamente cuando el acelerante es peróxido de benzoilo.

Los acelerantes y catalizadores son venenosos y reaccionan explosivamente si se mezclan de forma directa. Por ello es conveniente almacenarlos en lugares separados y no mezclarlos con la resina a la vez.

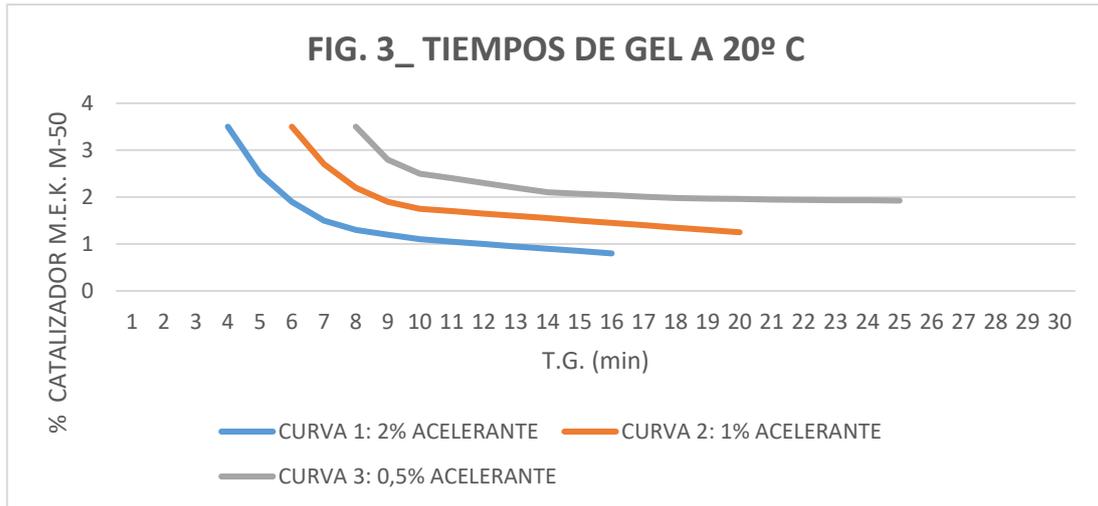
AJUSTE DE FORMULACIONES

Las formulaciones MEK-cobalto tienen las siguientes ventajas:

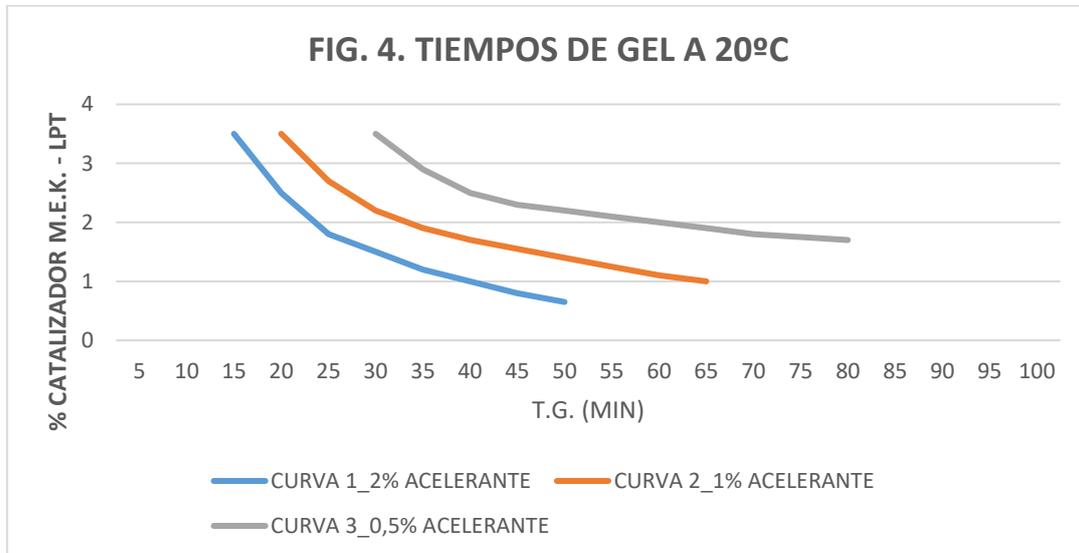
- Fácil dosificación en volumen
- Fácil mezcla con la resina
- Fácil regulación del T.G.
- Buen curado al aire
- Superficie final no pegajosa
- Resistencia a la luz

Sin embargo, curan mal o no lo hacen por debajo de 15°C y dan tiempos de gel relativamente cortos en la práctica (T.G. medio 25 min).

En la **fig. 3** se ilustra como varía el T.G. variando las proporciones MEK-octoato cobalto en este tipo de formulaciones.



En la **fig. 4** se repiten las mismas curvas utilizando una formulación con peróxido LPT, con lo que se consiguen T.G. notablemente superiores.



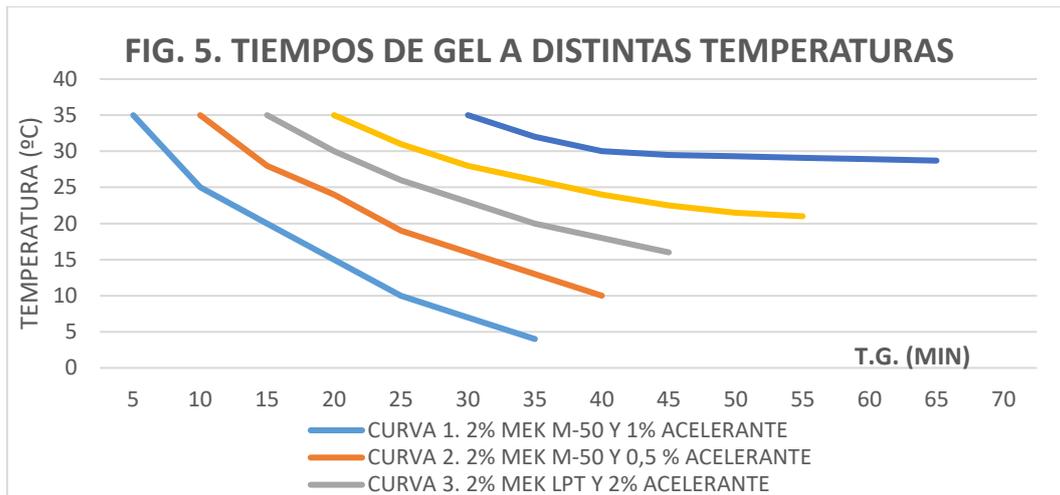
2.1.4. EFECTO DE LA TEMPERATURA

La temperatura es un factor muy influyente tanto en el T.G. como en el curado de las resinas, hasta el punto de que en la práctica hay que variar las formulaciones con las oscilaciones de temperatura propias de las distintas horas del día.

En términos generales, por debajo de los 15°C no se produce el T.G. ni el curado y por encima de 30°C el T.G. es tan corto que se impide el empleo de resinas.

Para compensar estas variaciones podemos variar la dosificación de reactivos aumentándolas para disminuir el T.G. y viceversa.

La **fig. 5** ilustra las variaciones del T.G. cuando varía la temperatura y la dosificación de acelerante.



En las resinas de utilización normal, el trabajador/ trabajadora que no suele disponer de estas curvas, puede usar una regla práctica consistente en variar en aproximadamente 0,1% la dosis de cobalto para obtener aproximadamente 2 min de variación en el tiempo de gel.

La temperatura óptima recomendada de trabajo es de 18-22°C para curados al aire con formulaciones MEK-cobalto.

Las formulaciones benzoilos-amina tienen las siguientes ventajas:

- Más baja temperatura límite de trabajo (de 0° - 10°C en adelante).
- Velocidad inicial de curado mayor.

Y las siguientes desventajas:

- Difícil dosificación.
- Tendencia al agrietado.
- Sensible a la luz (decoloración).

Por ello, no es aconsejable su empleo salvo en el caso de que sea imprescindible trabajar a bajas temperaturas, en cuyo caso se recomienda realizar ensayos previos siguiendo las recomendaciones del fabricante.

2.1.5. OTROS ADITIVOS

DISOLVENTES:

- *Son productos químicos líquidos que se añaden a las resinas para hacerlas más fluidas y facilitar su aplicación.*

Algunos intervienen en el proceso químico del curado, y otros no, evaporándose durante el mismo una vez cumplida su misión.

La acetona es el disolvente de empleo más común. No participa en la reacción si bien la hace ligeramente más lenta en proporciones superiores al 10%.

El metanol (alcohol metílico) no interviene en la reacción pero tienen propiedad de inhibidor por lo que puede alargarse notablemente el T.G. de la formulación.

En aplicaciones por capas finas o a pistola se evapora rápidamente restituyéndose la actividad reactiva normal. Se dosifica entre el 10-30%.

PASTAS COLORANTES:

Son mezclas espesas de resina con pigmentos colorantes inertes, preparadas en fábrica. Se utilizan en proporciones de hasta un 10% no debiendo pasarse de este valor.

AGENTES TIXOTRÓPICOS:

Las resinas poliéster tienen gran tendencia a descolgarse o a resbalar cuando se aplican en techo o en vertical. Existen ciertos productos, que sin variar su viscosidad, o su poder de impregnación, eliminan dicha tendencia no deseable, actuando sobre la tensión superficial de las resinas.

Los agentes tixotrópicos suelen ser suspensiones muy finas de polvo de silicio en resina o estireno, que deben comprarse al fabricante ya que este polvo se mezcla muy mal si no se dispone de mezcladores especiales.

Para evitar la decantación, deben agitarse los envases en almacén y antes de usarlos.

Se dosifican entre 2-4% y es preciso agitar y resolver muy bien la mezcla.

AGENTES IGNÍFUGOS:

Hay resinas autoextinguibles por su propia formulación, pero la mayoría no lo son. Su poder retardador del fuego es malo, pero puede mejorarse añadiéndoles ciertos productos que si bien no resuelven casos extremos, dan una garantía de seguridad en la mayoría de los casos. Son generalmente compuestos de cloro o de antimonio, que el fabricante mezcla en fábrica a petición del cliente.

CARGAS INERTES:

Se llaman así a diversas sustancias sólidas en forma de polvo, que se mezclan con las resinas para espesarlas, mejorar su poder de cubrición o lijado, o simplemente para "relleno", ahorrando resina en las piezas, o aumentando el grosor de las capas de estratificado.

Algunos confieren elasticidad, resistencia al roce, untuosidad u otras propiedades a los estratificados.

El empleo indiscriminado de cargas es perjudicial y debe mirarse siempre como síntoma de baja profesionalidad por parte de quien las utiliza.

Sin embargo, pueden ser convenientes o incluso necesarias en casos concretos de aplicación que deben estar siempre justificados y muy meditados entre el cliente y el fabricante.

Ciertas cargas no resistirán el ambiente de trabajo de las piezas y su empleo puede ser desastroso a largo plazo.

Las cargas más usuales son:

- **Omia:** Es el carbonato cálcico o polvo de diatomeas; mezcla muy bien con la resina y absorbe poca humedad. Se usa para espesar dosificado hasta el 10%.
- **Polvo de mármol:** Se emplea en granulometría superior a 80/100 mallas para proporcionar propiedades antideslizantes en capas superficiales.
- **Talco:** Proporciona algo de tixotropía a la resina y es un buen espesante. Se utiliza mucho en dosificaciones hasta el 10%.
- **Polvo de amianto:** Se mezcla muy bien, dando propiedades tixotrópicas a las resinas, proporciona untuosidad y facilita el lijado, por lo que se emplea mucho para masillas y capas de terminación (top-coats) que precisen un lijado de terminación.

En general, al usar cargas inertes, hay que tener muy en cuenta su reactividad química y potencial de disolución con el medio en el que se trabaja el poliéster. De otra forma pueden producirse fenómenos osmóticos, que acaban haciendo salir las cargas al exterior, y dejando la matriz de resina esponjosa. Este fenómeno conocido como “emigración de las cargas” ha producido muchos fracasos en embarcaciones y recipientes.

PARAFINAS:

Son productos derivados del petróleo que se disuelven en estireno y se añaden a las resinas con el fin específico de facilitar su lijado.

La parafina no es miscible con la resina formando en ella una emulsión facilitada por el estireno. Al aplicar la resina en capas finas e iniciarse el curado, se rompe la emulsión y la parafina aflora al exterior de la resina secándose y formando una capa aislante del aire y la humedad.

La resina en estas condiciones cura sin mordiente y pueden ser fácilmente lijadas sin empastar el papel abrasivo. Sin esta precaución la resina no se puede lijar en la práctica.



Estireno Parafinado

Si se emplean resinas parafinadas en capas intermedias del laminado, no se produce adherencia por lo que deben usarse solamente en la capa final. La disolución de parafina se dosifica entre 2% y 3%.

2.1.6. CLASES DE RESINA Y SU APLICACIÓN

Existe bastante confusión en la identificación de resinas comerciales, al no existir una terminología normalizada que aluda a la estructura química de la resina, y a los aditivos, se hace muy difícil juzgar a la hora de seleccionar el material para una determinada aplicación.

El consejo en este caso es acudir a firmas fabricantes de solvencia y plantear previamente nuestros problemas al personal técnico de las mismas. Las resinas poliésteres comerciales más usuales, se agrupan por su estructura química en cinco grandes grupos:

- Ortoftálicas
- Isoftálicas
- Bisfenólicas
- Bisfenólicas hidrogenadas
- Cloradas

En cuanto a las propiedades mecánicas, todas se comportan de forma similar y lo mismo puede decirse en cuanto a su manejo y formulación. Las diferencias están en su comportamiento frente al medio químico o “resistencia química” de cada una.

Las **ortoftálicas** comúnmente llamadas resinas “de uso general” sirven para aplicaciones arquitectónicas, decorativas, constructivas, etc. cuando no haya un medio químico agresivo. Resisten mal el fuego.

Las **isofthálicas** resisten muy bien al agua, la salmuera, los combustibles de hidrocarburos normales, las grasas, aceites, etc. Por ello, son las **MÁS INDICADAS** en construcción naval.



Depósitos de resina de 1000 lts.

Las **bisfenólicas simples o hidrogenadas** tienen una excelente resistencia a los ácidos y bases más usuales incluido el sulfúrico, nítrico, etc. por lo que son de aplicación para recubrimientos y tuberías en industrias químicas.

Las **cloradas** son autoextinguibles.

Atendiendo a su utilización existen en el mercado resinas preparadas en fábricas para aplicaciones concretas. Son resinas a las que el fabricante añade alguno de los productos que hemos descrito con el fin de facilitar al usuario la aplicación. En estos casos conviene saber qué productos contiene la resina y en qué proporciones, para tenerlo en cuenta en las formulaciones.

Las **resinas de aplicación especial** más usuales son:

- Resinas pre-aceleradas
- Resinas tixotrópicas
- Resinas autoextinguibles
- Resinas parafinadas

- Resinas flexibles
- Resinas para alimentación
- Gel coats
- Top coats
- Masillas de poliéster

Las **características medias de las resinas curadas en aplicación naval** son:

| | | |
|--------------------------------|------------------------|--------------------|
| • Resistencia a tracción | 4-6 kg/mm ² | |
| • Módulo elasticidad..... | 300-400 | “ |
| • Resistencia compresión..... | 5-8 | “ |
| • Resistencia a flexión..... | 7-10 | “ |
| • Módulo de flexión..... | 350-450 | “ |
| • Dureza barcol..... | 45-50 | “ |
| • Peso específico..... | 1,2-1,3 | kg/mm ² |

2.2. REFUERZOS Y ARMADURAS

Las características mecánicas de las resinas son escasas, sin embargo, tienen excelentes propiedades aglutinantes y de adherencia con la mayoría de los materiales constructivos de alta resistencia.

Por ello, cualquier material fibroso embebido en resina da lugar a un sólido en el cual las fibras son obligadas a trabajar solidariamente aportando al conjunto sus propiedades mecánicas, y actuar como “armadura resistente”.

En el trabajo efectivo del conjunto influyen los siguientes factores:

- Facilidad de impregnación resina-armadura.
- Buena adherencia de las fibras a la resina.
- Alargamientos similares bajo esfuerzos en ambos materiales.

Si consideramos un haz de fibras paralelas impregnadas en resina y trabajando a tracción, comprenderemos que el esfuerzo mecánico es soportado por las fibras en tanto que su alargamiento no supere al de la resina, obligada a seguir la deformación por efecto de la adherencia a las fibras en cuyo momento se produce el fallo del conjunto.

Por ello, **la armadura más idónea deberá tener las siguientes propiedades:**

- Máxima adherencia mecánica.
- Gran adherencia a la resina.
- Elasticidad ligeramente inferior a la resina.

Las fibras minerales, especialmente las de vidrio y carbono, son los materiales más resistentes que se conocen por lo que se emplean exclusivamente como refuerzo para el poliéster.

El vidrio en fibra está compuesto por filamentos individuales finísimos (cinco milésimas de mm de diámetro) y continuos, que se agrupan paralelamente en haces o fibras de distintos grosor ("roving").



Tejido roving 90°

En esta forma y según su grosor, el vidrio tienen las siguientes propiedades:

- Densidad 2,5 kg/dm³
- Resistencia a la tracción 130-210 kg/mm²
- Módulo elasticidad 7.700 kg/mm²

Para su empleo práctico **las fibras se tejen en muy variadas formas según la aplicación:**

- Las napas unidireccionales.
- Los tafetanes roving.
- Los fieltros o mats.
- Los tejidos compuestos (roving-mat).

Las **napas unidireccionales** son en teoría las mejores ya que constan de fibras paralelas rectas que aprovechan toda su resistencia. Sin embargo, son tejidos difíciles de manejar.

Los **tafetanes roving** permiten un manejo fácil y tienen resistencia controlable en las dos direcciones de la malla y la urdimbre, son los más empleados cuando se quieren obtener resistencias mecánicas altas.

Los **mats** no tienen trama y constan de fibras cortadas en trozos de unos 5 cm dispuestas al azar, en forma semejante a como se hace en los fieltros. Los mats dan resistencias muy inferiores a los roving, pero producen laminados más uniformes, más compactos y de mejor adherencia e impregnación.



Diversos gramajes de mats de fibra de vidrio

Los **tejidos compuestos** son capas superpuestas de napas paralelas (a 90°) y un mat, todo ello sujeto o hilvanado entre sí. Tienen las ventajas del mat y de los roving y resultan muy interesantes para obtener buena resistencia y rigidez, con un ahorro en mano de obra importante.

Una variedad interesante de tejido compuesto es el denominado C-FLEX consistente en varillas rígidas de resinas reforzada con vidrio de unos 2 mm de diámetro dispuestas paralelamente entre dos capas de mat. La rigidez unidireccional que confieren las varillas permite que el material se adapte a curvas compuestas por sí mismo sobre moldes no continuos.

Los tejidos compuestos se definen por tres cifras que indican el gramaje de las napas direccionales.

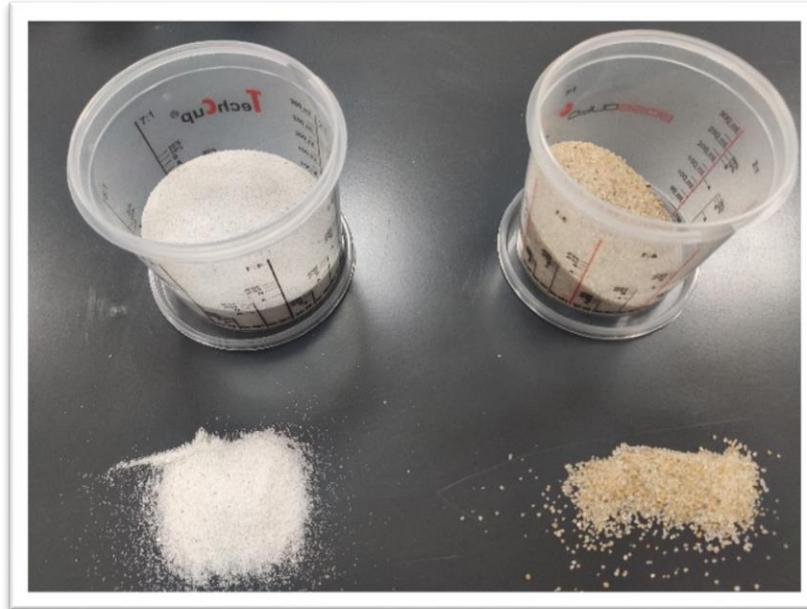
En la **tabla nº 1** se recogen las características de las armaduras de uso más común.

TABLA Nº 1. CARACTERÍSTICAS DE LOS REFUERZOS MÁS USUALES

| DESIGNACIÓN | PESO g/m ² | RESISTENCIA kg/m.l. | | ESPESOR |
|-------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| | | TRAMA | URDIMBRE | M.M. x 10 ⁻² |
| MATS de superficie | | | | |
| | 30 | | | 10 |
| 200 | 200 | | | 30 |
| 300 | 300 | | | 40 |
| 450 | 450 | | | 50 |
| 600 | 600 | | | 70 |
| 800 | 800 | | | 90 |
| 1200 | 1200 | | | 120 |
| ROVINGS | | | | |
| 150 | 150 | 110 | 110 | 16 |
| 275 | 275 | 230 | 245 | 27 |
| 300 | 300 | 255 | 300 | 30 |
| 520 | 520 | 350 | 380 | 50 |
| 810 | 810 | 410 | 430 | 76 |
| 1000 | 1000 | 440 | 460 | 80 |
| COMPUESTOS | NABA LON. | NABA TR. | MAT | TOTAL |
| | g/m² | g/m² | g/m² | g/m² |

Los tejidos de vidrio para refuerzos se someten a tratamientos especiales para favorecer su impregnación por la resina y la adherencia de ésta a las fibras de vidrio.

En la selección de los tejidos hay que tener en cuenta que cuanto mayor es su gramaje, más difícil resulta su impregnación y su adaptación a formas curvas, sin embargo, el uso de tejidos muy finos tiene gran incidencia en la mano de obra de aplicación. Por ello, se precisa experiencia y buen juicio para llegar a un equilibrio entre estos factores contrapuestos, al determinar la composición de un laminado.



Arena granulada para acabados rugosos

2.3. MATERIALES DE RELLENO Y FLOTABILIDAD

A pesar de sus elevadas características mecánicas, los laminados poliéster tienen el problema de su alta flexibilidad. A igualdad de resistencia la flexión de flechas son muy superiores a las de otros materiales, lo que supone una limitación importante al dimensionar estructuras.

Para evitar este problema sin aumentar exageradamente los espesores de poliéster se recurre al artificio de aumentar el módulo introduciendo en la fibra neutra un alza o relleno capaz de separar las fibras resistentes a la vez que las hace trabajar solidariamente.

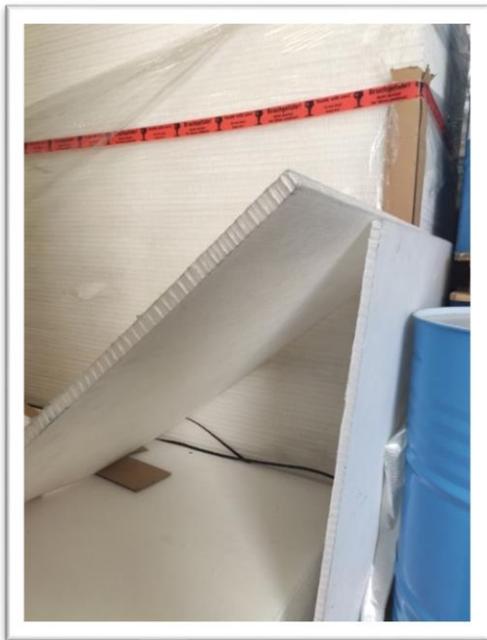
Para ello, se emplean materiales que tengan buena adherencia con la resina, que sean ligeros y de una elasticidad conveniente. Estos laminados conocidos como "sándwich" son muy utilizados en construcción naval, donde además se busca explotar otros beneficios subsidiarios como ligereza, impermeabilidad, flotabilidad intrínseca y el aislamiento térmico.

Como materiales de relleno se suelen emplear:

- Madera de chapa marina.
- Madera de balsa a testa.
- Espumas rígidas de poliuretano o PVC.
- Paneles de "nido de abeja".

Por su ligereza y facilidad de trabajo, las espumas rígidas de célula cerrada son ideales, siendo además las que dan mejor adherencia y compatibilidad con las resinas. Se fabrican en la modalidad de células cerradas en densidades que varían entre 40 y 400 kg/m³ y alta resistencia química.

Las espumas de poliuretano se fabrican en grandes paneles que abaratan mucho las construcciones, son flexibles y de estructura muy fina, proporcionando gran impermeabilidad y aislamiento. Sin embargo, son algo frágiles por lo que no se aconsejan cuando deban resistir importantes esfuerzos dinámicos, impactos y vibraciones severas.



Núcleos de PVC



Chapa marina de 20 mm.

Las espumas de PCV son más rígidas y de estructura más grosera, fabricándose en dimensiones más pequeñas. Resisten muy bien los esfuerzos dinámicos, por lo que son las más utilizadas.

La madera de balsa "a testa" se emplea cuando se quiere obtener la máxima rigidez mecánica con un peso moderado.

Otros tipos de espumas no son recomendables, sobre todo las de estireno, por su mala compatibilidad con la resina.

La **tabla nº 2** recoge las características de los materiales sándwich más usuales.

TABLA Nº 2. CARACTERÍSTICAS DE ALMAS PARA COMPUESTOS "SANDWICH"

| | DENSIDAD KG/M ³ | RESISTENCIA KG/CM ² | | | MÓDULO ELASTICIDAD KG/CM ² | | |
|----------------------|-------------------------------|-----------------------------------|----------|-------|--|----------|-------|
| | | Tracción | Compres. | E. | Tracción | Compres. | E. |
| | | | | Cort. | | | Cort. |
| POLIURETANO | 50 | 6,00 | 2,55 | 3,97 | 122,9 | 65,0 | 29,5 |
| | 60 | 7,64 | 3,16 | 4,89 | 174,9 | 93,9 | 35,9 |
| P.V.C. | 50 | 14,47 | 5,1 | 6,82 | 379,8 | 189,9 | 60,93 |
| | 60 | 16,81 | 7,43 | 9,78 | 599,8 | 299,8 | 89,9 |
| | 70 | 22,01 | 10,29 | 13,34 | 784,7 | 409,8 | 99,9 |
| | 80 | 26,08 | 14,46 | 15,48 | 989,6 | 499,5 | 114,9 |
| BALSA A TESTA | 95 | 94,97 | 51,96 | 11,00 | - | 22927 | - |
| | 175 | 210,00 | 129,92 | 19,97 | - | 54007 | - |

2.4. ABRASIVOS

Los abrasivos son sustancias cuya finalidad es actuar sobre otros materiales con esfuerzos mecánicos diferentes; triturado, molienda, corte, pulido, etc. Se usan en toda clase de procesos industriales y artesanales. Los usos más comunes de los abrasivos son pulir, afinar, refinar, depurar y dar acabados a otros materiales.

Existen dos tipos de abrasivos, naturales (diamantes, arenisca, cuarzos, etc.) y artificiales (ruedas de esmeril, discos finos) comúnmente se les clasifica en función de su mayor o menor dureza.

Un abrasivo debe elegirse tomando en cuenta el material con el que se hará trabajar. En materiales suaves se usan abrasivos de grano grueso y los abrasivos de grano fino son ideales para el uso en materiales frágiles y quebradizos y conseguir un acabado fino.

2.4.1. CLASIFICACIÓN DE LOS ABRASIVOS

Todos los abrasivos están basados en granos de diversos tamaños que se unen a algún tipo de soporte para darles forma en la que puedan emplearse. Los que actualmente conocemos podemos clasificarlos en:

1. **Abrasivos rígidos.** Son los conocidos como cerámicas, tienen diversas formas que van desde cilíndricas a cónicas. Empleándose para conformar piezas.
2. **Abrasivos flexibles.** Son las conocidas lijas empleadas en formas diversas: discos, bandas, pliegos, etc. Generalmente se emplean para conformar y a veces para acabar piezas.
3. **Abrasivos de fibra.** Conocidos generalmente con el nombre de Scotch-brite. Se trata de una fibra con abrasivo que se emplea para actuar sobre las superficies.
4. **Cepillos de púas plásticas abrasivas.** Son cepillos hechos con púas de plástico, generalmente nylon o polipropileno que, o llevan el abrasivo superficialmente anclado o lo llevan incluido en su "masa" al ser exprimidas.
5. **Micro-abrasivos.** Similares a las lijas pero con soportes de plástico y granulometría de los abrasivos diferentes. Se emplean sólo para acabados superficiales y no para conformar como las lijas.
6. **Pastas de pulir.** Son suspensiones de granos finos de abrasivo en un medio más o menos viscoso. Se emplean para acabados en conjunción con materiales anexos como discos de trapo y badana.

2.4.2. APLICACIONES GENERALES

Las principales aplicaciones de los abrasivos son:

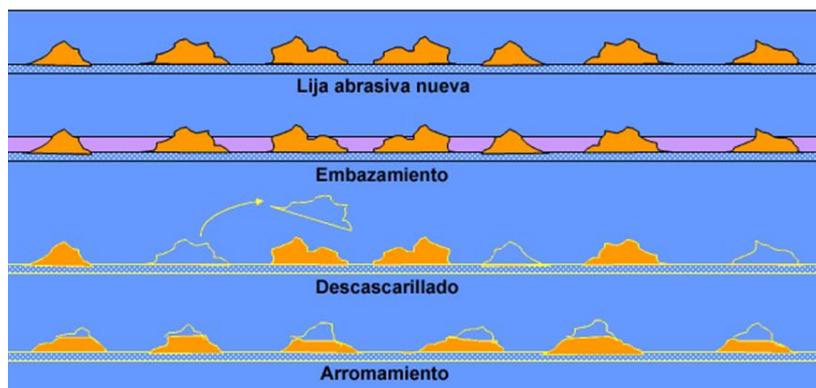
- a) **Conformación:** Es decir dar a la pieza la forma y dimensiones especificadas.
- b) **Desbarbado:** La eliminación de rebarbas o micro-rebarbas producidas en procesos anteriores.
- c) **Acabados:** Que pueden ser "rayados" de determinadas características especificadas.
- d) **Pulido:** Que puede ser "pulido cualitativo", es decir, un pulido que a la vista quede más o menos brillante o "pulido mecánico" cuando se pretende alcanzar una rugosidad especificada.

- e) **Preparación superficial:** Es conocido que para que cualquier pintura, revestimiento o adhesivo ancle adecuadamente es deseable una determinada rugosidad que se obtiene con algún tipo de abrasivo.

2.4.3. TERMINOLOGÍA DE LOS ABRASIVOS

A continuación se exponen algunos de los términos que forman el “argot” de abrasivos:

- **Abombamiento.** Se dice de una lija que pierde la planitud curvándose. Generalmente debido a la diferencia de humedad entre el soporte y la resina.
- **Agotamiento.** Se dice del estado de un abrasivo cuando su acción abrasiva es reducida y su rendimiento despreciable.
- **Arromado o arromamiento.** Es aquel abrasivo que, por el trabajo realizado sus aristas están redondeadas y su poder de corte mermado o nulo.
- **Desborde.** Desgaste prematuro de los bordes de un abrasivo.
- **Desgrane o descascarillado.** Pérdida de granos de un abrasivo en proporción tal que lo hace inservible.



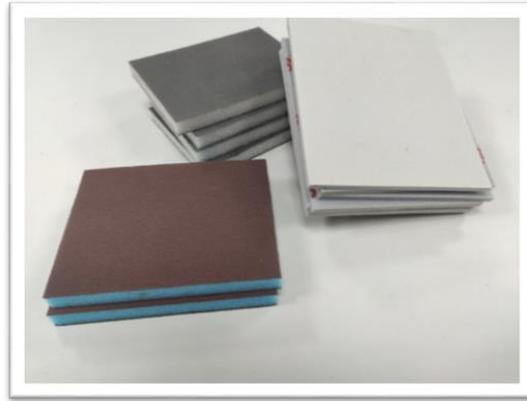
Fuente: elchapista.com

- **Dureza.** Es la propiedad que confiere a un cuerpo la capacidad de rayar a otros y la resistencia a ser rayado.
- **Embazado o embazamiento.** Se dice cuando la superficie del abrasivo se taponan de partículas del material trabajado, lubricantes, etc.
- **Friabilidad.** Es la propiedad de ciertos cristales de romperse dejando aristas agudas y afiladas.
- **Tenacidad.** Es la propiedad de un mineral de aguantar sin romperse bajo el efecto de fuertes cargas.

2.4.4. LOS ABRASIVOS FLEXIBLES O LIJAS

2.4.4.1. DEFINICIÓN Y COMPONENTES

Un abrasivo flexible o lija es un conjunto de granos de un mineral abrasivo unidos a un soporte plano y flexible mediante resinas adhesivas.

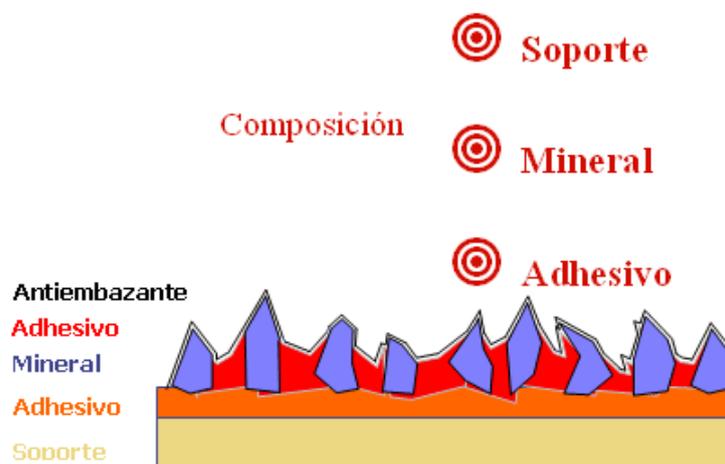


Soporte flexible para lijas de agua

Los componentes de una lija son tres:

- Soporte
- Mineral o grano
- Adhesivo:
 - Encolado
 - Reencolado

Al adhesivo siempre se le dan dos capas, encolado y reencolado, para conseguir una mayor adhesión y evitar que al evaporarse el disolvente del adhesivo pudieran producirse burbujas o cráteres que debilitarían el anclaje del grano.



Fuente: elchapista.com

Soporte

El soporte es una lámina sobre la que se anclan los granos abrasivos. Los soportes empleados son de cinco tipos:

1. Papel
2. Tela
3. Combinación de papel y tela
4. Fibra
5. Films plásticos

La elección de uno u otro depende del tipo de trabajo a que va a ser sometido.

⇒ **Papel**

Los papeles empleados están normalizados según el peso del mismo en gramos / m² y son los siguientes:

| TIPO PAPEL | GRAMOS / M ² | USO | CARACTERÍSTICAS |
|------------|-------------------------|---------------------------------|--|
| "A" | 70 | A mano | Muy ligero y flexible. Usado para granos finos. |
| "B" | 100 | A mano y máquinas orbitales | Muy ligero y flexible. Usado para granos finos. |
| "C" | 120 | Máquinas portátiles | Más resistente. |
| "D" | 150 | Máquinas banda ancha y rodillos | Más resistentes. |
| "E" | 220 | Máquinas bandas largas y anchas | Mucho más rígidos y menos flexibles. Para aplicaciones pesadas (rollos, bandas). Los papeles pueden ser tratados con agentes. Resistentes al agua para aplicaciones en húmedo. |



Lija de seco

En algunos casos los papeles van tratados para usos específicos como es el caso de la impermeabilización, es decir, que se van a emplear en mojado. Esta impermeabilización se realiza por uno de los dos métodos siguientes:

- **Al aceite:** Se fundamenta en la diferente tensión superficial del agua y el aceite que hace que en la presencia del aceite el agua no moje.
- **Saturación por plástico:** Generalmente con resinas plásticas que llenan la porosidad normal del papel. Es el mejor método y es el más empleado en la actualidad por los fabricantes.



Hojas de lija de agua

La ventaja del papel es que no tiene elongación pero su resistencia a la tracción es limitada, lo que supone un inconveniente.

⇒ **Tela**

Son dos los tipos de tela empleados: el algodón y el poliéster. El algodón, cuando la lija se va a emplear en húmedo, lleva un tratamiento impermeabilizante y el poliéster siempre es impermeabilizante.

Con arreglo a su peso y por tanto a su flexibilidad las telas se conocen como:

| | | |
|------------|----------------------------------|-----------------------------|
| “J” | Lijeras | 4,2 m²/kg |
| “X” | Más rígidas y resistentes | 5,3 m²/kg |
| “Y” | Super resistentes | Varios pesos |

La ventaja de la tela es que aguanta bastante la tracción pero tiene el inconveniente de que se alargue con cierta facilidad bajo cargas elevadas, lo que se produce al lijar con presiones elevadas.



Hojas de lija de hierro

⇒ **Combinación de papel y tela**

La combinación es un soporte formado por la laminación de un papel “E” a una tela, generalmente tipo “J”. El papel le da resistencia a la elongación o estibamiento a la tela o rasgado por tracción.

El mineral siempre va anclado sobre la tela por lo que lo que se ve es el papel; lo que a veces hace confundir a quien lo maneja.

Se emplean para fabricar bandas de uso muy especial como son las empleadas en las lijadoras de banda para nivelación de parquet, y las bandas anchas empleadas en el calibrado de los tableros aglomerados después de su prensado y conformación.

⇒ **Fibra**

Es una mezcla de trapos de algodón, papel y resinas que se muelen, comprimen y vulcanizan.

Hay tres espesores normalizados: 0,65 m/m; 0,80 m/m y 1,00 m/m

Es un soporte muy resistente aunque algo rígido lo que hace que se emplee solamente para fabricar discos abrasivos que, por ello, se llaman "discos de fibra".

⇒ **Films plásticos**

Generalmente se emplea el poliéster como soporte por su excelente resistencia tanto a la tracción como a la compresión, lo que hace que los granos no "se claven" en su interior bajo el efecto de las fuertes presiones. Su uso queda restringido a los micro-abrasivos.

Minerales y granos

Es realmente la herramienta de corte de una lija y de sus características dependerá en gran medida la eficacia de un abrasivo.

Minerales

Los minerales empleados desde el principio de la fabricación de lijas son los referenciados en la **tabla 3** y en la **tabla 4** podemos ver cuáles son sus propiedades.

Hay que señalar que los naturales se indican a título de curiosidad histórica ya que prácticamente no se usan hoy en día, salvo en lijas de baja calidad, como la "tela esmeril", que prácticamente está a extinguir. El diamante, aunque inicialmente se empleaba natural, hoy se emplea diamante industrial o sintético.



Discos de lija para orbital

Tabla 3. Minerales

| NOMBRE | COMPOSICIÓN | COLOR NATURAL | DUREZA MOHS |
|------------------------|-------------|------------------|-------------|
| NATURALES | | | |
| Sílice | | Blanco lechoso | 6,8 - 7 |
| Esmeril | | Negro mate | 8,5 - 9 |
| Granate | | Rojo anaranj. | 7,5 - 8,5 |
| Diamante | | Depende do oxid. | 10 |
| SÍNTETICOS | | | |
| Oxid. Alumin. | | | 9,4 - 9,6 |
| Carb. Silic. | | | 9,5 - 9,7 |
| Oxid. Zircon. | | | 9,5 - 9,8 |
| Oxid. Alumin. cerámico | | | 9,4 - 9,7 |

⇒ **Oxido de aluminio**

Se obtiene en tornos a partir de la bauxita. Aunque sus aristas no son pronunciadas, mediante tratamientos y una molienda conveniente se consiguen unas aristas adecuadas.

Su dureza y tenacidad elevadas le hacen ser el abrasivo ideal para lijar aceros, bronce duro y aleaciones. Así mismo es el más empleado para lijar madera, pero en ese caso se modifica el proceso de la molienda del grano.

⇒ **Carburo de silicio**

Se obtiene calentando a elevadas temperaturas la sílice con carbón.

Tiene un color negro grisáceo y presenta aristas muy vivas y es el más agresivo de los abrasivos. Solamente tiene un problema, no es tan tenaz como el óxido de aluminio, pero al romperse lo hace presentando nuevas aristas lo que le hace mantener su poder de corte.

⇒ **Óxido de zirconio**

Realmente es mezcla de óxido de aluminio y zirconio que le da una extraordinaria tenacidad. Es más caro y sólo es rentable para trabajos bajo elevadas presiones, pues de otra forma se comporta como un óxido de aluminio normal.



Lija para Garlopa



Lija metálica para composites



Lija para máquina de banda

⇒ **Óxido de aluminio cerámico**

Es un óxido de aluminio obtenido por un procedimiento cerámico que le confiere una tenacidad muy superior a la normal.

Tabla 4. Propiedades de los minerales

| Mineral | Propiedad |
|----------------------------|--------------------------|
| Oxido de aluminio | Tenacidad |
| Carburo de silicio | Friabilidad |
| Óxido de zirconio | Extraordinaria tenacidad |
| Óxido de aluminio cerámico | Extraordinaria tenacidad |

Granos

La granulometría determina las dimensiones de los granos. **Existen dos normas**, en cuanto a las lijas normales se refiere, y una para los micro-abrasivos. Las dos normas son **la americana y la FEPA** (Federation Europeenne du Producter de Abrasives).

La identificación de si un abrasivo está fabricado con norma americana o FEPA es muy sencilla ya que **el fabricado con la norma FEPA delante del número que lo identifica lleva la letra “P”**, mientras que los fabricados con la norma americana sólo llevan el número.

En la **figura 6** podemos ver cuál es la equivalencia entre ambas normas y al respecto debemos hacer las siguientes observaciones:

- a. La norma FEPA empieza en el grano P-16 y la americana en el 24. Es decir que la FEPA tiene granos más bastos.
- b. Los granos 60 y P-60 son iguales prácticamente; a partir de ahí la igualdad de número a FEPA es más basta.
- c. Hay que tener mucho cuidado al comparar dos lijas hechas con diferente norma, pues no podemos compararlas número a número. Entre la misma norma sí podemos hacerlo.
- d. La medida en micro-pulgadas sólo se usa para los micro-abrasivos.
- e. Sea cual sea la marca empleada, recomendamos usar abrasivos que se fabriquen con norma FEPA por su mayor nivel de calidad, que se traducirá en mejores acabados y más uniformidad que los de la norma americana.

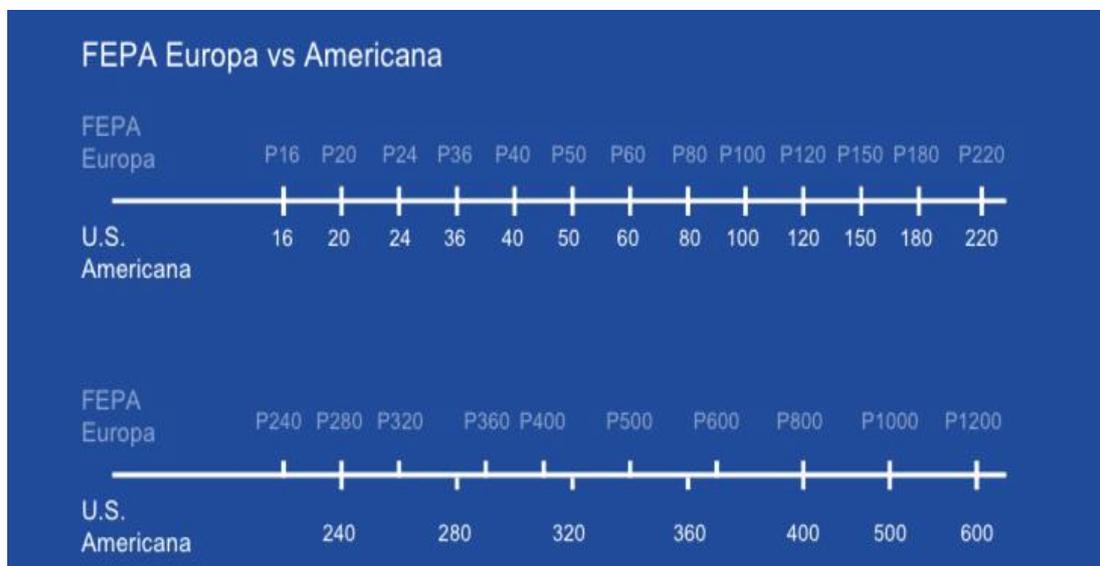


FIG. 6 –Equivalencias entre norma FEPA y Americana

Fuente: Saint-Gobaint

Es de notar que actualmente en granos finos (del P-120 para arriba) están produciéndose los llamados granos aglomerados. La tecnología es formar “terrones” como si fuesen granos. El resultado son abrasivos que a la vista parecen más bastos pero son finos. El objetivo es fabricar abrasivos de mayor duración.

Tamaño de los granos

| Número FEPA | Tamaño en micras | Número FEPA | Tamaño en micras |
|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 16 | 1.200 | 220 | 60 |
| 20 | 900 | 240 | 59 |
| 24 | 690 | 280 | 53 |
| 30 | 580 | 320 | 46 |
| 36 | 490 | 360 | 41 |
| 40 | 380 | 400 | 35 |
| 50 | 310 | 500 | 30 |
| 60 | 240 | 600 | 26 |
| 80 | 180 | 800 | 20-22 |
| 100 | 145 | 1.000 | 18 |
| 120 | 110 | 1.200 | 12-15 |
| 150 | 90 | 1.500 | 10 |
| 180 | 73 | 2.000 | 8 |

Fuente: Saint-Gobain Abrasives

⇒ **Colocación del grano**

Los granos se colocan sobre el soporte de dos formas:

- a. Grano cerrado: Los granos cubren toda la superficie del soporte. Tienen un elevado poder de corte, pero se difuminan rápidamente si el material a lijar es blando y de limaduras tipo pulverulento como pinturas, barnices, etc.
- b. Grano abierto: Los granos cubren entre el 50 y el 75% de la superficie del soporte. Tienen menor poder de corte (llevan menos abrasivo), pero se difuminan con menos facilidad que los de grano cerrado.

Adhesivo: encolado y reencolado

El adhesivo o resinas unen los granos al soporte, usándose dos tipos de adhesivos:

- a. Colas orgánicas (CO). Obtenidas de los huesos de los animales. Son baratas pero son muy sensibles al calor y a la humedad.
- b. Resinas sintéticas (RE). Son del tipo urea-formol o fenólicas aunque son más caras por su termoendurecibilidad y su impermeabilidad.

Puesto que existen dos tipos de adhesivos y son dos las capas, existen al menos las siguientes posibilidades:

| ENCOLADO | REENCOLADO | USO |
|----------|------------|---|
| CO | CO | A mano y en seco |
| CO | RE | A mano en seco A máquina trab. lijero |
| RE | CO | No se fabrica |
| RE | RE | A máquina para trabajos duros A mano al agua |

En lijas que se van a emplear en trabajos que impliquen fuerte difuminado (lijado de pinturas, por ejemplo) con el re-encolado se le añade estearato de cinc, de color blanco que al calentarse absorbe el calor y se descompone en una reacción endotérmica.

2.4.5. FACTORES QUE AFECTAN AL RENDIMIENTO DE LOS ABRASIVOS.

Se deben considerar 5 factores que influyen decisivamente en el rendimiento de un abrasivo:

1. Velocidad.

- ✓ Mayor velocidad ➡ Mayor poder de corte ➡ Menor tiempo de vida
- ✓ Menor velocidad ➡ Menor poder de corte ➡ Mayor tiempo de vida

El objetivo es el máximo rendimiento. Mayor velocidad ➡ Mejor acabado

2. Presión.

- ✓ Mayor presión ➡ Mayor poder de corte ➡ Menor tiempo de vida
- ✓ Menor presión ➡ Menor poder de corte ➡ Mayor tiempo de vida

La medida de presión se basa en:

- ⇒ Si el lijado es a mano dependerá de la experiencia de la persona operaria.
- ⇒ Si el lijado es a máquina la presión se medirá con el amperímetro

A medida que se gasta el abrasivo habrá que ir aumentando la presión.

3. Los discos de contacto o platos:

- ✓ Examinar siempre los discos antes de utilizarlos.
- ✓ No exceda la velocidad máxima indicada en el disco (RPM).
- ✓ No desbastar con discos de menos de 4mm de espesor.
- ✓ No utilice discos en mal estado.
- ✓ Dejar coger velocidad al disco antes de utilizarlo.

4. La lubricación.

➤ Ventajas:

- ✓ Reduce el calor.
- ✓ Mejora el rendimiento.
- ✓ Mejora el acabado.
- ✓ Elimina la viruta de la superficie.
- ✓ Reduce la fricción

➤ Inconvenientes:

- ✓ Desengrasar la pieza posteriormente.
- ✓ Posibles problemas de oxidación si se emplea mal.

5. El almacenaje.

- ✓ En el embalaje original.
- ✓ Entre 15 y 20°C.
- ✓ Humedad relativa entre 35 y 50%
- ✓ En estanterías lejos del suelo y la pared.

Altas humedades

Alta humedad ocasiona el flexionamiento cóncavo (grano para adentro) además de dejar el respaldo extremadamente blando, tendiendo a formar arrugas, lo que provoca el desprendimiento de los granos.



Bajas humedades

Baja humedad ocasiona el flexionamiento convexo (grano para afuera) además de reducir la flexibilidad normal del respaldo, dejándolo duro y quebradizo.



FORMAS CONVERTIDAS

| | |
|------------------------------|---|
| HOJAS | 280 x 230 mm. |
| ROLLOS | 50 x 100 m. largo y diversos anchos |
| DISCOS | Redondos Margarita Octogonales |
| BANDAS | Manguitos < 400 mm. Cortas de 400 a 1000 Normales > 1000 mm. Anchas > 400 mm. anch. Segmentad. > 120 mm. anc. |
| RUEDAS PG o MIL HOJAS | |

3 LAMINADOS PLÁSTICOS

3.1. TIPOS

Laminado es el producto obtenido por superposición de sucesivas capas de fibras de vidrio o carbono embebidas en resina. Por su forma de aplicación se dividen en:

- Laminados a mano o manuales
 - Por contacto
 - Por proyección
- Laminados no manuales
 - Por presión
 - Por inyección
 - Por vacío



Impregnación por contacto a mano de la 1ª fibra de 300 gr./m²

La técnica más extendida es el laminado manual por contacto consistente en ir colocando sucesivas capas de tejido, que se impregnan mediante brocha o rodillo.

Por la forma de curado se distingue el curado al aire y en horno.

Finalmente por la técnica constructiva en laminados por moldeo y para recubrimiento.

3.2. PROPIEDADES FÍSICAS

Las características técnicas medias del poliéster laminado son:

| | |
|--------------------------|-----------------------------|
| Densidad | 1.421,7 |
| Resistencia a tracción | 10-20 kg/mm ² |
| Coefficiente elasticidad | 600-800 kg/mm ² |
| Resistencia a la flexión | 15-25 kg/mm ² |
| Módulo flexión | 700-1000 kg/mm ² |

Sin embargo, estos valores pueden variar mucho ya que hay otros factores que tienen gran influencia como son:

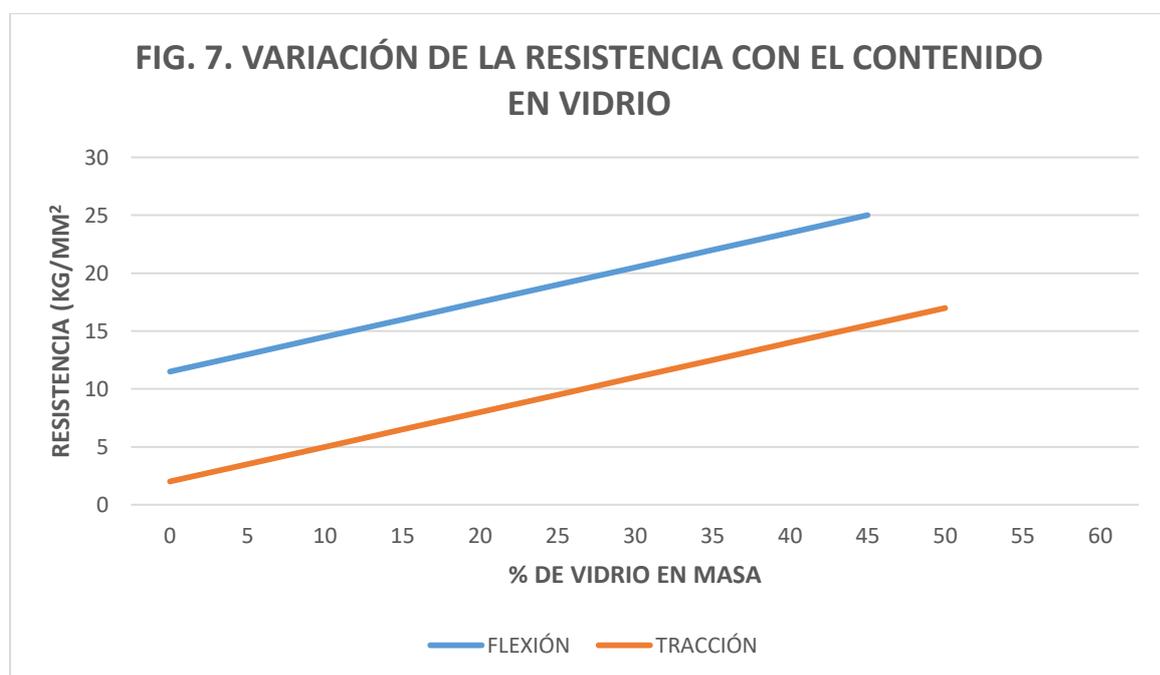
- Elasticidad de la resina.
- Proporción resina/vidrio del laminado.
- Textura de los tejidos utilizados.
- Disposición de las fibras respecto al esfuerzo.

La **elasticidad** de la resina es fundamental para que los tejidos puedan entrar en carga antes de que supere la adherencia o se agite la resina arruinando el laminado. Un ligero aumento en la elasticidad de la resina puede traducirse en un 20% de aumento a la resistencia del laminado.

La proporción **resina-vidrio** se expresa técnicamente como porcentaje de peso de vidrio en el laminado y es de la máxima importancia para la resistencia del laminado.

No hay normas para establecer el contenido óptimo de vidrio en un laminado ni para medirlo durante la aplicación. En la práctica depende de la experiencia del aplicador y debe ser sometida a un control permanente en base a kg. de resina por m² de tejido colocado en obra.

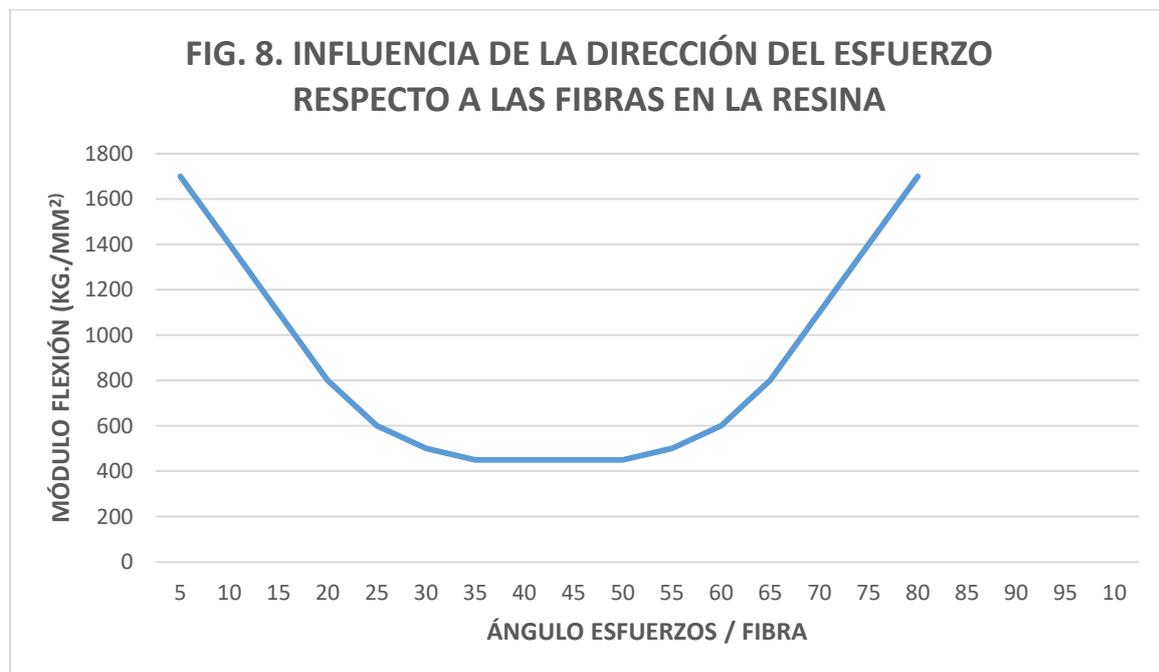
La **fig. 7** indica la variación de propiedades mecánicas de los estratificados en función del porcentaje de vidrio.



La **textura** de los tejidos empleados es también importante. Los tejidos de fibras discontinuas (mats) dan resistencias más bajas que los de fibras continuas (roving) y entre estos últimos, los de fibras paralelas (napas) son mejores que los de fibras entrecruzadas (tafetanes). La razón de ello es que los puntos de cruce producen distorsiones y zonas de concentración de esfuerzos. Asimismo, los tejidos cruzados tienen un estirado de asentamiento grande que absorbe la capacidad de deformación de la resina antes de que las fibras hayan tomado toda su carga.

La **disposición de las fibras** respecto al esfuerzo tiene un papel importante siendo máxima la resistencia en el sentido paralelo a las mismas.

La **fig. 8** ilustra el resultado de ensayos efectuados en diferentes direcciones del esfuerzo en relación a la fibra.



Aunque en teoría los mats y tafetanes dan peores resistencias en la práctica no es posible prescindir de su uso. Los mats tienen gran capacidad de impregnación y de adaptación dando láminas muy compactas y ausentes de poros. Los tafetanes impregnan peor y dan una superficie muy irregular por lo que no es práctica recomendable superponerlos sin una capa de mat intermedio que asegure la adherencia evitando el fenómeno del "delaminado" y la porosidad.

Por la misma razón, se coloca mat en la primera capa del laminado en contacto con el gel-coat en moldeo, o con la superficie a cubrir en recubrimiento.

Cuando el laminado hay que lijarlo, la última capa es una mat de "sacrificio" que da mejor regularidad a la superficie y evita el dañado de los tejidos resistentes.

Los tejidos se emplean por razones prácticas de su facilidad de manejo y cortado.

3.3. ESTIMACIÓN DE ESPESORES Y PESOS

En los cálculos de proyecto y en la práctica diaria de taller es importante saber los espesores y pesos por m^2 que se obtienen con la utilización de los diversos gramajes y tipos de tejido que se emplean.



Casco laminado de fibra de vidrio de 300 gr./m²

Ambos factores pueden variar mucho según el contenido de la resina, el número de capas, la forma en que estas se apliquen y la técnica de laminación, por lo que normalmente hay que recurrir a experiencias previas efectuadas en las mismas condiciones del taller. En la práctica del proceso manual se emplean mats entre 300 y 600 gr/m^2 y roving entre 500 y 800.

A efectos de espesores y supuesta una aplicación de calidad normal, los porcentajes de vidrio en el laminado que se obtienen en la práctica oscilan entre 25-35 para capas mat y entre 45-50 para rovings.

En la **tabla 5** se dan valores de espesor en mm para capas individuales de mat y rovings, siendo la cifra inferior de cada recuadro el consumo práctico (incluso mermas) de resina por m² y capa, en kg. Estos valores son muy útiles al a hora de controlar en taller si el laminado se está ejecutando conforme a lo previsto.

TABLA N° 5. ESPEORES POR CAPA Y CONSUMOS DE RESINA M² COLOCADO

| | % VIDRIO | GRAMOS DE LA ARMADURA | | | | | | | |
|----------------|----------|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
| MATS | 25 | 0,86 | 1,15 | 1,45 | 1,74 | - | 2,30 | - | - |
| | | 0,95 | 1,26 | 1,56 | 1,89 | - | 2,22 | - | - |
| | 30 | 0,70 | 1,00 | 1,20 | 1,40 | - | 1,90 | - | - |
| | | 0,73 | 0,97 | 1,22 | 1,46 | - | 1,95 | - | - |
| | 35 | 0,58 | 0,85 | 1,05 | 1,16 | - | 1,63 | - | - |
| | | 0,58 | 0,77 | 0,97 | 1,18 | - | 1,55 | - | - |
| ROVINGS | 45 | 0,42 | - | 0,70 | 0,84 | 0,99 | 1,13 | 1,27 | 1,40 |
| | | 0,38 | - | 0,64 | 0,77 | 0,90 | 1,02 | 1,15 | 1,28 |
| | 50 | 0,36 | - | 0,61 | 0,73 | 0,86 | 0,98 | 1,10 | 1,31 |
| | | 0,31 | - | 0,52 | 0,63 | 0,73 | 0,84 | 0,94 | 1,05 |
| | 55 | 0,32 | - | 0,53 | 0,64 | 0,75 | 0,86 | 0,96 | 1,06 |
| | | 0,26 | - | 0,43 | 0,51 | 0,60 | 0,69 | 0,77 | 0,86 |

Esta tabla es buena como aproximación práctica, pero su empleo hay que tomarlo con las reservas convenientes en laminados complejos.

3.4. TÉCNICAS DE LAMINACIÓN

Piezas moldeadas: La técnica consiste en preparar un molde hembra sacado de un modelo de la pieza a fabricar realizado en escayola, madera u otra pieza.

En el caso de barcos se suele construir una unidad en madera, en aluminio o en sándwich, que sirve de modelo y como primera unidad experimental para la situación de accesorios, diseño de cubiertas, servicios, etc.

La terminación del modelo debe ser tan perfecta como se desee que lo sea la pieza definitiva. Para ello se emplea una masilla de resina que se carga con microesferas de vidrio, producto muy ligero y que facilita el posterior lijado. La formulación de esta masilla es:

| | |
|--|------------|
| Resina | 100 |
| Pasta colorante gris | 10 |
| Disolución de parafina (agitar bien) | 2 |
| Polvo de amianto o fixotrópico | 2-3 |
| Dimetil anilina | 3 |
| Microesferas (hasta formar el cuerpo que se desee) | 180 aprox. |
| Peroxido de benzoilo | 3 |

La masilla se aplica con llana de albañil y se corrige con un junquillo metálico dejando secar hasta curado total.

Se aplica una mano general de lija grano 50 hasta eliminar la capa de parafina en todo el molde. Se da un segundo enmasillado de retoque a espátula seguido de un lijado con lija grano 80 hasta tacto satisfactorio. Se limpia la superficie con agua y seguidamente se esponja con una disolución 70% metanol y 30% estireno.

Es importante asegurar la total ausencia de polvo y humedad. A continuación hay que cubrir el molde con tres capas de mat utilizando una resina par recubrimientos de buena elasticidad como sigue:

| | |
|------------------------------------|-----------------|
| Resina | 1 a 0 |
| Pasta colorante (eventual) | 2 |
| Amianto o polvo fixotrópico | 2 |
| Catalizador (MEK) | 1,5 – 2 |
| Acelerante | 0,1 a 1% |

Se da una mano de imprimación muy acelerada (T.G. 15 min) dejándola curar hasta tacto pegajoso, colocando a continuación el primer mat de 300 g que se adaptará con rodillo y se impregnará con resina sin colorear, eliminando burbujas. Esta capa se dejará curar 24 horas. Las siguientes capas son de mat 450 g y de 300 g respectivamente y la última capa es de mat 300 que se impregnará con la misma formulación, pero añadiendo disolución de parafina (2%) dejando curar 24 horas. Seguidamente hay que lijar y pulir.

| | |
|------------------|--------------------------|
| 1º lijado | Grano 60-80 en seco |
| 2º lijado | Grano 240 al agua |
| 3º lijado | Grano 400 al agua |
| 4º lijado | Grano 600 al agua |

Finalmente se saca brillo mediante pasta abrillantadora aplicada con fieltro. Este proceso es costoso y lento, pero esencial para obtener un buen molde y piezas bien terminadas.



Adaptando formas a un modelo de casco

Fabricación del molde: Generalmente los moldes se construyen del mismo material de poliéster que se emplea para los cascos, haciéndolos muy reforzados para mantener bien las formas y soportar los esfuerzos de desmoldeo.

Con el modelo bien exento de polvo y humedad, se le da una mano de cera desmoldeante con un trapo suave extendiéndola bien hasta tener una capa fina y uniforme. Se deja secar 5 minutos y se saca brillo con un paño seco frotando hasta

que no se note la capa de cera (asegurarse de que no quedan restos de cera en el molde).

Se repite esta operación hasta completar cinco manos de cera dejando pasar 5 horas entre capas. A continuación se da una capa muy fina de alcohol polivinílico con esponja o a pistola dando dos pasadas cruzadas de forma que no se produzcan goteos.

La fabricación propiamente dicha del molde comienza con una capa de gel-coat de curado rápido aplicada a brocha o a pistola. El gel-coat es una resina dura, resistente y brillante que reproduce perfectamente la terminación de la superficie del modelo.

La buena aplicación de esta capa y su perfecto curado son esenciales para la calidad y duración del molde.

La dosificación típica es:

| | |
|----------------------------|------------------------------|
| Gel-coat | 100 |
| Pasta colorante (eventual) | 10 |
| Catalizador (MEK) | 4 |
| Acelerante (cobalto) | 0,7 |
| Metanol | 15 brocha /25 pistola |

Como se ve es una formulación muy rápida para asegurar un curado perfecto, por lo que se hace imprescindible el empleo de metanol como inhibidor. Es preceptivo antes de añadir los reactivos agitar muy bien pues el metanol cuesta disolverlo.

El gel-coat se aplica a brocha o pistola en dos capas finas a razón de 300-400 g/m² dejando transcurrir unos 45 minutos entre las dos capas.

Se deja curar 1 hora y se coloca la primera capa del estratificado empleando mat 300 calidad M-1 (buen empapante).

La formulación de la resina debe dar un T.G. de 15-20 minutos siendo normalmente:



| | |
|--------------------------|-----------|
| Resina | 100 |
| Catalizador (MEK) | 2 |
| Acelerante | 0,2 |
| Acetona | 10 |



Brochas y rodillos de diferentes medidas



Desmoldeo de moldelo y molde

Se da una capa fina de resina y a continuación se pone el mat ajustándolo muy bien con rodillo y brocha hasta que quede semiempapado en la resina de imprimación, completando después la impregnación a brocha, de forma que la cantidad total de resina empleada no exceda de 750 g/m².

Se debe trabajar muy bien esta capa para asegurar la ausencia de burbujas de aire. Esta capa se deja secar hasta curado al tacto (6 horas).

Las capas sucesivas hasta el espesor total necesario se aplican por grupos de 3 (tejido-mat-tejido) dosificando la resina para TG 30 minutos. Se procede como en la primera capa pero colocando las dos siguientes a continuación de la primera sin esperar, de esta forma cada capa absorbe parte de la resina de la anterior y se consigue un laminado con mayor contenido en vidrio y por lo tanto más resistente.

Una vez terminado el molde se deja curar 24 horas, reforzándolo después exteriormente, con perfiles del mismo material contruidos in situ sobre formeros de tubo de pvc, espumas, etc. La separación del modelo puede ser por tracción y golpeando suave con maza de goma, o bien introduciendo agua a presión.

El molde se limpiará por dentro con agua para quitarle los restos de alcohol polivinílico.

Moldeo de las piezas: El proceso es exactamente el mismo que para fabricar el molde, pero aplicado a la cara interior del mismo.

La única precaución distinta es que la primera capa de mat 300 se debe colorear con 10% de pasta colorante del mismo color que el gel-coat. Cuando el molde es nuevo conviene darle una pasada de lijada de agua de 600 y abrillantador antes del proceso de encerado inicial, y dar cera entre las cuadro primeras piezas fabricadas. A partir de este momento sólo se dará cada tres piezas fabricadas.

Laminado de recubrimiento: En esta técnica el soporte del laminado no es un molde sino la propia pieza que se tiene que recubrir por razón de reforzarla o protegerla. Es el caso de protección de cascos de madera o la construcción en sándwich en que el propio casco está formado con el material del alma que debe ser recubierto.

En este caso se precisa conseguir el máximo posible de adherencia entre el laminado y el elemento base.

Existen tres fases importantes:

- Preparación de las superficies a cubrir.
- Colocación del laminado.
- Acabado de las superficies vistas.

Las superficies a cubrir deben estar exentas de irregularidades como huecos, salientes, granulados, resaltes, etc., que formarían huecos en el estratificado imposibles de eliminar. Para evitarlo y mejorar el agarre conviene dar un lijado o cepillado basto.

El polvo y la humedad se eliminarán mediante aspirador y secado con aire caliente si es preciso. La temperatura de la superficie a recubrir no debe ser inferior a 15°C. El desengrasado debe ser total.

Se comienza el laminado con una mano de imprimación tapaporos con resina en formulación rápida (TG. 15 min) y muy diluida en estireno o metanol (30%) dejando secar 24 horas. A continuación se aplican las capas sucesivas de 3 en 3 con formulación normal (TG 30 min). La última capa se dará parafinada y espesada con polvo de amianto si se desea lijar después.

El acabado de las superficies es igual al descrito para la preparación del modelo. Si se desea pintar hay que tener en cuenta que la mayoría de pinturas normales no agarran bien el poliéster o son incompatibles químicamente con él.

En la preparación de la superficie se suprimen los lijados muy finos superiores a grano 400 y el abrillantado, y antes de pintar se lava la pieza con esponja usando una disolución de 60% metanol y 40% acetona.

La pintura que da mejor resultado es la de poliuretano de dos componentes aplicado en capas muy finas a brocha o a pistola.

En cualquier técnica de laminado hay ciertas normas prácticas que facilitan el trabajo y conllevan a una mejor calidad. Algunas de ellas son:

1. Al preparar las formulaciones siempre conviene un control del TG. que se hace preparando una muestra de 100g en un vaso de papel parafinado y observando el goteo con un palo.
2. Para mantener la uniformidad del formulado conviene calcular la cantidad de resina que se gastará en la jornada y dividirla en dos partes iguales en

recipientes separados. Las cargas, pastas colorantes y disolventes se añaden a cada recipiente en la proporción de la fórmula. El acelerante y el catalizador se ponen cada uno en uno de los recipientes en la cantidad total precisa para la suma de los dos volúmenes.

3. De esta forma al mezclar volúmenes iguales de ambos recipientes se obtiene la mezcla correcta.
4. Los tejidos deben estar exentos de materias extrañas, polvo y humedad, sobre todo esta última es muy perjudicial a la impregnación y a la adherencia.
5. Nunca colocar capas nuevas del laminado sobre otras que se encuentren en polimerización. Hay que hacerlo antes de que pase una hora desde la colocación o después de 6 horas.
6. Los tejidos y los mats se adaptan mal a curvas de radio pequeño inferior a 2cm en zonas de este tipo conviene esperar a que la capa anterior esté muy pegajosa y adaptar el tejido dejando polimerizar. La impregnación se terminará después.
7. No conviene laminar en presencia de corrientes de aire o a pleno sol para evitar que se evapore el estireno de la resina y queden zonas que no cure totalmente.
8. Cuando se empleen resinas parafinadas hay que formular con TG. no inferiores a 20 min; para dar tiempo a que aflore la parafina a la superficie antes de que se comience el curado.
9. Si por cualquier causa hubiera que laminar sobre una capa parafinada, hay que eliminar la parafina totalmente con acetona y un lijado.
10. Solapar las uniones de tejidos unos 50mm.

3.5. ENSAYOS MECÁNICOS Y QUÍMICOS

Para conocer con exactitud las características de los laminados, realizar la selección de resinas y tejidos en las etapas del proyecto y para controlar la calidad de la ejecución se recurre a ensayos de laboratorio. La utilización de estos ensayos normalmente está fuera del alcance del pequeño constructor, que tendrá que fiarse del consejo de los fabricantes.

En la actualidad existe una normativa extensa de ensayos para controlar prácticamente todos los aspectos necesarios de los materiales de poliéster.

3.6. DEFECTOS Y SUS CORRECCIONES

En los laminados de poliéster pueden aparecer defectos que unas veces afectan sólo superficialmente y otras afectan a la estructura interna del laminado pudiendo disminuir gravemente sus características.

Los defectos superficiales afectan al aspecto comercial del producto, cuya terminación no es aceptable y también a su duración posterior. Aparecen usualmente en la capa del gel-coat de productos moldeados y los más importantes son:

1. Arrugas en la superficie: (Piel de cocodrilo, caimán o piel de naranja). Su origen es un reblandecimiento de la capa del gel cuyas causas pueden ser:



- Incompatibilidad del gel-coat con las ceras o agentes desmoldeantes. Evitar ceras de silicona.
- Colocación del mat antes de que el gel-coat esté completamente curado.
- Exceso de disolvente en el gel-coat. Generalmente por capas muy gruesas a brocha o con pistola muy próxima a la superficie. El metanol no puede evaporarse y retarda o inhibe la polimerización.
- Humedad en el molde.
- Corrientes de aire durante el curado del gel que evaporan el estireno impidiendo la polimerización.
- Baja temperatura del molde.

- Mala formulación o deficiente mezclado del gel.

2. Estrellado: Son grupos de grietas muy finas partiendo de un centro, provocadas por:

- Exceso de grosor en la capa del gel.
- Formulación excesivamente rápida del gel que produce tensiones de curado.
- Golpes muy fuertes al desmoldear.
- Desmoldeo brusco.



3. Picado de agujas (orificios o porosidad): Son agujeros muy pequeños en agrupaciones o irregulares, causados por:

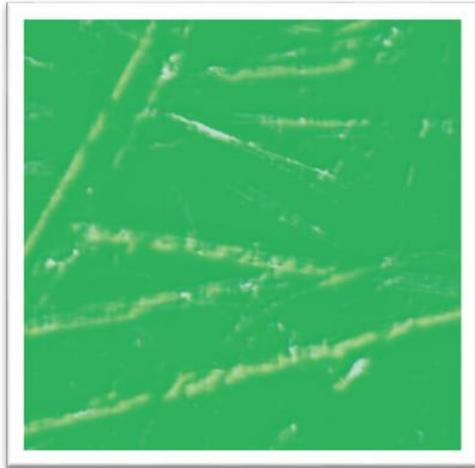
- Polvo sobre el molde (electricidad estática).
- Aire atrapado en el gel-coat al hacer la agitación para el mezclado.
- Exceso de acetona en el gel que hierve durante el curado.
- Agua en el aire de pulverización a pistola.
- Gelcoat demasiado espeso.
- Temperatura baja.
- Catalización excesiva.



4. Cuarteado: Grietas en forma similar al barro cuando seca. Suele ser un defecto de aparición tardía y se debe a mala polimerización del gel por defectuosa formulación o temperatura baja del ambiente.



5. Fibra aparente (o impresión de fibra): Consiste en que la textura del mat se evidencia a través de la capa de gel-coat. Las causas pueden ser:
- Capa de gel muy fina
 - Estratificado prematuro
 - Excesiva contracción de curado de la resina empleada para estratificar.
 - Desmolde prematuro.



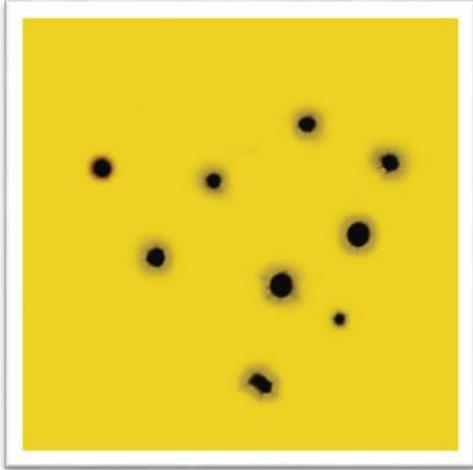
6. Falta de brillo: Suele estar provocado por:

- Polvo en el molde.
- Falta de abrillantado del molde.
- Capa de cera desmoldeante muy gruesa o mal extendida.
- Mala aplicación del alcohol polivinílico.



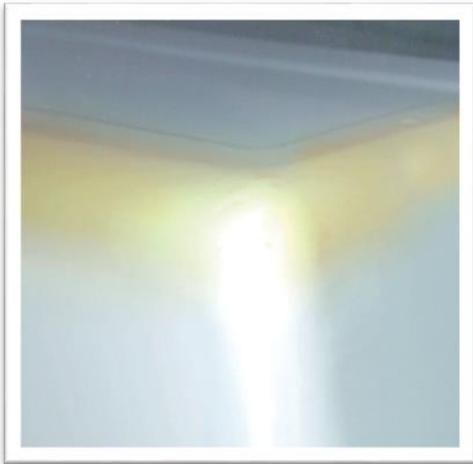
7. Ojo de pez (de pescado u hoyuelos): Se presenta en forma de depresiones de forma lenticular, que pueden llegar hasta 5mm de diámetro. Su causa es una falta de mojado del molde por parte del gel-coat provocado por:

- Exceso de pulido del molde.
- Zonas del molde sin alcohol polivinílico.
- Ceras desmoldeantes con silicona.
- Aceite en el aire de pulverización.
- Película de gelcoat demasiado delgada.
- Viscosidad baja del gelcoat.
- Catalizador sin reacción / no dispersado.



8. Color no uniforme (o decoloración): Debido a:

- Mal mezclado del gel-coat al formular.
- Aplicación irregular por fallo de la pistola o de su operador.
- Formulación en varias veces si se emplean pastas colorantes.
- Impurezas en el gel-coat.



9. Ruborizado



- Selección de producto inadecuado.
- Curado inadecuado.

10. Separación de color



- Desbordamiento del gelcoat.
- Curado sobre lo aplicado.
- Contaminación.
- Gelcoat asentado.
- Gelcoat demasiado espeso (reblandecimiento).

11. Flujo y nivelación deficientes



- Viscosidad alta del gelcoat.
- Temperatura baja.

12. Desprendimiento antes de tiempo



- Temperaturas elevadas.
- Nivel de catalizador alto.
- Película irregular o espesa.
- Demasiado tiempo de curado del gelcoat.
- Contaminación.
- Inhibición del estireno.

13. Reblandecimiento



- Gelcoat espeso.
- Desbordamiento del gelcoat.
- Vibración.
- Viscosidad baja del gelcoat.
- Desprendimiento del molde.
- Curado lento del gelcoat.

Los fallos del laminado propiamente dicho y que afectan a su estructura son:

1. Subcurado: Fenómeno por el que la resina queda sin curar en zonas o lo hace sin alcanzar sus características mecánicas. Es un defecto muy peligroso ya que no siempre se detecta a la vista o al tacto. Sus causas son:
 - Pérdida de estireno en la resina por evaporación al ser muy lenta la formulación, muy baja la temperatura o haber corrientes de aire.
 - Reactivos polimerizantes en mal estado o húmedos.
 - Empleo de resinas con largo periodo de almacenamiento.
2. Delaminación: Es la separación o despegado de las distintas capas del laminado a causa de:
 - Subcurados locales.
 - Mala adherencia de la resina a los tejidos.
 - Capas de roving superpuestas sin mat intermedio.
 - Bolsas.
 - Excesos de resinas locales.

3. Bolsas: Son zonas relativamente grandes en las que el tejido una vez empapado se separa de la capa anterior al comenzar el curado. Son muy difíciles de evitar cuando se presentan. Se producen por:
 - Presencia de materias extrañas en los tejidos como virutas de madera, gotas duras de resina u otras impurezas.
 - Fibras levantadas y endurecidas en la capa anterior.
 - Zonas de excesiva curvatura de la pieza.
 - Manchas de grasa en los tejidos.
4. Burbujas: Son zonas extensas con pequeñas burbujas de aire muy numerosas y difíciles de eliminar. Las causas son:
 - Incompatibilidad de la resina con el tejido por mala adherencia o mojado.
 - Humedad en los tejidos que se evapora durante el curado.
 - Burbujas de aire atrapadas en la resina por agitado muy violento.
 - Empleo de resinas viejas.
 - Humedad en el acelerante.
5. Grietas: Son fisuras superficiales que penetran en el estratificado. Debido a:
 - Curado excesivamente rápido.
 - Zonas gruesas con exceso de resina.
6. Fibras blancas: Son fibras sin empapar que se evidencian por un color blanquecino. Las causas son:
 - Incompatibilidad de resina con los tejidos.
 - Humedad en los tejidos.
 - Tejidos manchados con materias extrañas.
7. Excesos de resina: Son zonas lagunosas donde se acumulan espesores de resina sin armadura de vidrio. Este defecto es muy perjudicial a la resistencia del laminado. La causa puede ser:
 - Descuelgue de resina en superficies verticales.
 - Aplicación defectuosa por excesivo empapado.
8. Emigración de cargas: Es un defecto que aparece al cabo del tiempo por disolución osmótica de las cargas inertes en el medio líquido en que trabaja el laminado, dejando a éste esponjoso y debilitado. La causa es la incompatibilidad de las cargas con el medio y aparece en barcos cuando se usa omía o mármol en unión de resinas de alto índice de absorción de agua.
9. Ósmosis: Es otro defecto de aparición lenta consistente en un escamado fino del gel-coat e incluso del laminado por aumento de presión osmótica en las

pequeñas cavidades cerradas existentes en la masa de resina. Suele ir asociado al defecto anterior, siendo anunciador del mismo. No es muy frecuente, pero si aparece, conviene actuar rápido, secando muy bien la pieza, lijando y dando una capa de top-coat seguida de 6 o 7 manos de pintura de poliuretano de dos componentes.

4 CONSTRUCCIÓN NAVAL EN POLIÉSTER

4.1. CONSTRUCCIÓN DEL CASCO Y CUBIERTA

Existen tres sistemas:

- Construcción con moldes.
- Construcción en sándwich.
- Construcción en C-Flex.

La **construcción con moldes** es esencialmente la misma que hemos descrito en las técnicas de moldeo. La preparación de los moldes es muy cara por lo que este sistema se adapta sólo a la producción en grandes series, teniendo la ventaja de conseguir un acabado perfecto. El casco y la cubierta se fabrican con moldes separados y se unen luego por diversos sistemas, generalmente atornillando y laminando la unión en el interior.

Para tamaños superiores a los quince metros, el molde se puede hacer dividiéndolo en dos longitudinalmente, para facilitar el desmolde. Los barcos más grandes construidos en la actualidad por este sistema llegan a los 50m.

Los sistemas sándwich y C-Flex no precisan un molde sólido, empleándose simplemente un formero hecho con madera barata, uniendo varias secciones con la forma de las cuadernas mediante varetas delgadas longitudinales. Este formero tiene la misión de producir la forma del casco o de la cubierta y se quita una vez construidos. Las planchas de espuma o las tiras de C-Flex se colocan sobre el formero sujetándolas al mismo, mediante tornillos, hilos de vidrio o grapas, hasta tener todo cubierto.

Para evitar catenarias o deformaciones debidas a la retracción de curado de la resina, las secciones del formero no deben estar excesivamente separadas y las tiras longitudinales serán suficientemente dimensionadas para tomar bien las formas entre secciones proporcionando en los vanos un apoyo convenientemente rígido.

La separación entre estas tiras no superará los 350mm para el C-Flex y los 500mm para espumas rígidas.

Es importante comprobar además con junquillo el fairedo del formero, eliminando ondulaciones o cambios bruscos de forma que se reproducirían en el casco terminado.

Una vez recubierto el molde se procede como sigue:

- En el casco de espuma se da un lijado general con lija basta, suavizando los encuentros angulosos entre planchas. Se enmasillan las uniones con masilla de poliéster, así como pequeños defectos de la espuma.
- Se comprueba con junquillo el fairedo de la superficie, corrigiendo los defectos con pasta de resina y microesferas de vidrio aplicada con un borde de metálico flexible.
- Se quita el polvo con un aspirador y se procede a laminar según la técnica explicada para recubrimientos.
- En el caso de C-Flex se da una mano muy ligera de resina que no empape la cara interior con el fin de endurecer la superficie. Una vez curada esta capa, se repasa de defectos, gotas solidificadas, puntas de hilos, etc., y se realiza el laminado como en el caso anterior.
- Con el C-Flex, el fairedo se hace después del laminado, con pasta de resina y microesferas.
- En ambos sistemas, una vez terminado el exterior se saca el casco del molde y su lámina por el interior.
- Es necesario preparar una cuna con la forma exterior y algunas secciones interiores para evitar deformaciones provocadas por la retracción de las resinas.
- Los sistemas de sándwich y C-Flex se prestan muy bien a la construcción de series pequeñas, prototipos y trabajo amateur.

4.2. ESTRUCTURA INTERIOR Y REFORZADOS

En los tres sistemas constructivos, una vez acabado el laminado, se coloca el reforzado interior de la estructura compuesto por los mamparos, palmejares longitudinales, vagras, polines, etc.

Estos elementos se prefabrican y luego se sujetan al casco mediante laminado de poliéster de capa gruesa.

Los mamparos principales, vagras y varengas suelen ser de tablero marino o sándwich de balsa y se colocan interponiendo entre ellos y el casco una tira fina de espuma rígida para evitar las retracciones de la resina. En general se procura utilizar como elementos resistentes todos los mamparos, soportes, divisiones, etc., necesarios para arquitectura interior del casco.

Los refuerzos longitudinales son siempre de poliéster con refuerzos de tejido unidireccional. Suelen hacerse en forma de omegas prefabricadas o construidas in situ sobre tiras de espuma con forma.

Los puntos de anclaje de la arboladura y accesorios de cubierta o casco se refuerzan con capas de poliéster extra o con trozos de tablero marino laminado con poliéster.

Asimismo, en los puntos donde se precisen tornillos para elementos de decoración, soportes de tubos, etc., se colocan trozos de madera sujetos con poliéster.



Reforzado longitudinal con núcleo de poliuretano

5 TALLERES Y SUS INSTALACIONES

Cada tipo de trabajo requiere un tipo de taller y en el caso del poliéster mucho más por la influencia que las condiciones ambientales, limpieza y manipulación tienen en el resultado del trabajo, y por emplearse materias primas volátiles y combustibles.

Todas las Sociedades que clasifican embarcaciones de poliéster exigen una serie de requisitos a los talleres de los constructores para su homologación como tales.

Las principales condiciones deseables en las instalaciones o astilleros para la construcción naval son las que se enumeran a continuación.

⇒ **Construcción**

Debe ser una construcción razonablemente sólida, bien iluminada y protegida de los agentes atmosféricos. Los materiales serán no combustibles y sus acabados serán de calidad para que no produzcan polvo y serán de fácil limpieza.

Las instalaciones y servicios de agua, corriente, aire, etc., serán permanentes; bien protegidas y seguras contra chispas.

Las entradas y salidas estarán dispuestas para evitar corrientes de aire. Existirán medidas de elevación y transporte adecuados.

Los talleres de terminación, pintura y armamento estarán separados de los de moldeo o estratificación.

⇒ **Sistemas de control ambiental**

Es conveniente mantener un control ambiental de temperatura y humedad capaz de garantizar temperaturas entre los 18 – 24°C y humedad relativa entre 50-60% con dispositivos de medida y registro.

Los sistemas de control ambiental serán por aire seco o radiación seca sin que intervenga en su acondicionamiento la combustión directa de líquidos o gases.

Los dispositivos de acondicionamiento no producirán corrientes de aire intensas, ni zonas concretas de calor.

⇒ **Almacenamiento de materias primas**

Las materias primas se dispondrán en almacenes adecuados que se mantendrán limpios, ordenados y separados de la zona de trabajo.

Los sistemas de almacenamiento serán tales que no haya materiales sin una clara identificación ni productos que puedan utilizarse erróneamente. Se asegurará un sistema de rotación de stocks adecuado para que los productos se utilicen antes de su fecha de caducidad, que se sabrá por su inscripción en cada envase.

Los almacenes de tejidos dispondrán de humedad controlada inferior al 40%. Los catalizadores y acelerantes se almacenarán por separado.

⇒ **Instalaciones dosificadoras**

La dosificación de resinas se hará siempre en el mismo lugar y existirán medios adecuados para pesar, medir o mezclar.

Los recipientes en uso estarán colocados en orden, bien asegurados y con medios de extracción convenientes.

⇒ **Sistemas de inspección y control de la calidad**

Se mantendrá un control de calidad cuyas principales tareas serán:

- Anotar cada hora las constantes de ambiente del taller.
- Presenciar a diario las dosificaciones para cada trabajo y anotarlo en su hoja de control.
- Controlar a diario la humedad en los tejidos utilizados.
- Llevar para cada trabajo un gráfico por zonas anotando el tipo y número de cada capa que se coloca.
- Vigilar para cada trabajo el consumo de resina por m² y capa, anotándolo en su ficha.

⇒ **Seguridad en el trabajo**

Los productos que intervienen en la fabricación del poliéster son combustibles, explosivos, venenosos y perjudiciales para la salud si no se manejan con los medios de seguridad y precauciones necesarias.

En cuanto a las instalaciones, es necesario disponer de un sistema contra incendios efectivo en talleres y almacenes.

La instalación eléctrica e iluminación serán protegidas contra gases y explosiones. La instalación de ventilación se hará siempre con motores a prueba de gas. Se dispondrá de un botiquín con medios para combatir la ingestión de productos químicos, contaminaciones oculares, antialérgicos, etc.

Se trabajará con ropa adecuada y previo tratamiento de manos, cara, etc., con crema especial.

Se observará una escrupulosa limpieza en los talleres, acumulando las basuras en lugar seguro, fuera de los edificios.

CAPÍTULO I: SEGURIDAD EN LAS FÁBRICAS Y EN EL MANEJO DE MATERIALES

1. SEGURIDAD EN FÁBRICA

En muchos casos actuamos con “ansiedad y prisa”. Hemos descuidado la planificación de la seguridad y de los métodos seguros por otras funciones de organización que aparentemente parecen más urgentes y ofrecen de momento más beneficios.

1.1. MATERIALES

Los materiales empleados en la industria de los plásticos reforzados dictan las técnicas de alto nivel y los programas formativos para la seguridad adecuada y suficiente de los equipos, protección de vidas y bienestar del personal, previniendo además la pérdida de inversiones y la disminución o pérdida completa de la producción.

En la mayoría de los procesos con plásticos reforzados las materias primas son esencialmente las mismas. Consisten básicamente en resinas, monómeros, catalizadores peróxidos, agentes de refuerzo, cargas, pigmentos, láminas, disolventes, acelerantes e iniciadores.

Cada material posee características inherentes de peligrosidad en mayor o menor grado, que se describen a continuación:

➤ RESINAS

Líquidos inflamables.

- ✓ Mantener alejado del calor, de superficies calientes, de chispas, de llamas abiertas y de cualquier otra fuente de ignición. No fumar.
- ✓ Riesgo para la salud;
- ✓ Evitar derrames, escapes, inhalación de vapores o ingestión.
- ✓ Ventilar bien las zonas de trabajo.



Bidón de resina de 25 lts.

➤ **MONÓMEROS**

- ✓ Proteger de llamas directas, puntos de calentamiento, electricidad estática.
- ✓ Moderado a severo peligro para la salud (100 a 10.000 partes por millón, concentración máxima de vapor permitido), dependiendo del material.
- ✓ Ventilar todas las zonas de trabajo.
- ✓ Evitar contacto con la piel.

➤ **PERÓXIDOS CATALÍTICOS**

- ✓ Sólidos y líquidos de moderada a alta inflamabilidad, particularmente peligrosos cuando se contaminan con materiales orgánicos.
- ✓ Arden en algunos casos a temperaturas moderadamente elevadas.
- ✓ Se almacenarán en sitios fríos, aislados y se mantendrán lejos del calor, del fuego, de las chispas y de las llamas.
- ✓ No someterlos a calor de fricción.
- ✓ Mantener pequeñas cantidades en las zonas de trabajo.

➤ **AGENTES DE REFUERZO**

- ✓ Los materiales orgánicos reforzantes son generalmente inflamables y se manejarán y almacenarán en un lugar que dispondrá de unas paredes suficientemente fuertes y un techo débil para en caso de una posible explosión los residuos de esta se eleven hacia el techo y minimicé los efectos de la explosión, el lugar carecerá de ventanas y la puerta se reforzará

especialmente. A ser posible este lugar de almacenamiento deberá estar lo más alejado posible del centro de producción

- ✓ El material reforzante inorgánico no impregnado, es no inflamable y no presenta riesgo desde el punto de vista del fuego.
- ✓ Pueden ser irritantes para la piel.
- ✓ Las zonas de trabajo estarán bien ventiladas y los obreros protegidos con ropa de trabajo adecuada y caretas anti-gas.

➤ **CARGAS Y PIGMENTOS**

- ✓ El polvo supone de mediano a severo peligro para la salud.
- ✓ Las zonas de trabajo estarán bien ventiladas.
- ✓ El equipo será no inflamable aún bajo severas condiciones.
- ✓ Algunos polvos provocan desórdenes respiratorios por prolongadas exposiciones.
- ✓ Todas las personas del equipo trabajarán con los EPIs apropiados, máscara de gases, guantes, funda completa, botas de seguridad, guantes etc.

➤ **FILMES**

- ✓ Normalmente muy inflamables.
- ✓ Proteger del fuego y excesivo calor.
- ✓ Potencialmente peligrosos como fuente de fuegos secundarios.
- ✓ Deberán ser almacenados en lugares aislados y secos.

➤ **DISOLVENTES**

Líquidos de la clase I, II, III:

- ✓ En general altamente combustibles, excepto los disolventes clorados.
- ✓ Proteger del fuego, lugares calientes, electricidad estática.
- ✓ Evitar derrames y acumulación de vapores.
- ✓ El equipo será no inflamable y toda la zona estará bien ventilada.

➤ **ACELERANTES E INICIADORES**

Generalmente en solución con líquidos orgánicos inflamables:

- ✓ Evitar llamas, chispas, puntos calientes.

- ✓ No almacenar con peróxidos orgánicos.
- ✓ Evitar contacto con la piel.

Para los que trabajan en la industria de los plásticos reforzados estos materiales y sus características son completamente familiares. Es de notar que si no todos, sí la mayoría **son de naturaleza tóxica y/o inflamable** y requieren especiales precauciones para manejarlos con seguridad.

1.2. EXPERIENCIAS CON FUEGO

En muchos casos sólo se reconoce el valor que tienen las medidas de seguridad cuando ya ha ocurrido el desastre.

CASO REAL:

Un fuego destruyó una fábrica de catalizadores y la zona de almacenamiento junto con los edificios colindantes y alcanzó los depósitos.

El fuego comenzó con la ignición y explosión de los catalizadores. En cuanto a lo que causó la ignición de los peróxidos catalíticos, no pudo ser determinado; sin embargo, las investigaciones subsiguientes revelaron un número de hechos que podrían aclarar algo acerca del fuego producido:

- a. Los tres trabajadores que se encontraban en la zona inmediata a la de la explosión no detectaron llamas, ni humos, ni señales de fuego, antes de la explosión inicial, opinando que el catalizador había sido la primera fuente de ignición.
- b. Puesto que el catalizador estaba separado de la zona en lotes de cajas completas sin abrir, es probable que el material de un recipiente estropeado o con grietas pudiera haberse combinado con compuestos iniciadores u otros materiales extraños, dando comienzo a las llamas. Esta explicación está apoyada por el hecho de que se había colocado gran cantidad de catalizadores en aquella zona el día anterior.
- c. Aunque nadie estaba en la zona inmediata antes del incidente, la zona no estaba bajo llave y era accesible a personal no autorizado. Es posible que alguien no familiarizado con este material hubiera abandonado un cigarro encendido, aunque no estaba permitido fumar en las cercanías.

Es un hecho interesante que después del fuego se recuperaron 57 kg de peróxido de metilacetona todavía intacto entre los escombros. Aun cuando las cajas estaban ardiendo alrededor de las botellas, aparentemente el material aislante del embalaje los protegió del intenso calor.

El fuego comenzó con una explosión moderada seguida de llamas que envolvieron el edificio. Se dio la alarma inmediatamente y en pocos minutos se paró la producción y se utilizaron dos mangueras para agua de 3,75 cm. directamente al fuego. Se vio en seguida que sería imposible salvar el edificio en el que estaban almacenados los catalizadores. Con el fuego casi apagado, todavía hubo dificultades para reducirlo del todo y disminuir el peligro de extensión a los edificios vecinos, aun después de haber llegado el equipo de bomberos.

Desgraciadamente, por la altura que alcanzó el fuego ardieron los circuitos eléctricos del edificio soplando el fundido hasta el circuito que alimentaba las bombas de agua. Pasaron 5 a 10 minutos antes de que se restableciera la potencia de las bombas. Durante este período de tiempo el fuego se propagó al edificio grande y amenazó a la fábrica principal.

En general, la brigada de bomberos de la fábrica funcionó loablemente, aun cuando hubo alguna confusión y errores en la dirección de los esfuerzos durante el período en que falló la potencia de las bombas y las mangueras. La ayuda del equipo municipal de bomberos también se hizo esperar debido a la confusión para llamarlos en su ayuda.

Los resultados netos del incidente fueron la pérdida de tres edificios y su contenido, el material almacenado y las reservas de paneles ondulados reforzados y la completa paralización de la producción por falta de catalizadores. Afortunadamente no hubo que lamentar pérdidas.

Después del fuego se hizo evidente y necesaria una revisión objetiva del programa de protección de la fábrica. Para prevenir la repetición de un incidente similar se tomaron las siguientes medidas:

1. El almacén de los catalizadores se colocó a aproximadamente 80 m. de la fábrica.
2. Se reconstruyó el bloque de cemento con un tejado provisto de salida y con escape para dirigir la explosión hacia arriba.

3. El edificio se dividió en dos secciones con muros cortafuegos para separar los dos tipos de catalizadores mantenidos en depósitos.
4. Se colocaron cierres y solamente se permitió la entrada a la zona de almacenamiento de los catalizadores a personas autorizadas.
5. El equipo contra incendios se reorganizó.
6. Se colocaron instrucciones en carteles por toda la fábrica.
7. Se tomaron medidas para mantener las mangueras de agua en buenas condiciones.
8. Se iniciaron inspecciones semanales de los equipos para primeros auxilios y del personal componente del equipo contraincendios.
9. Se hizo una revisión general de la distribución de la fábrica respecto a los muros cortafuegos, del aislamiento completo de las zonas peligrosas y de la adecuada colocación del equipo y mejoras adicionales de las tomas de agua para incendios.

1.3. RECEPCIÓN Y ALMACENAMIENTO

Las condiciones de recepción y almacenamiento no son las mismas en las diferentes fábricas, dependiendo del tipo y calidad de materiales utilizados y de las facilidades disponibles para la descarga y almacenamiento.

En algunos casos estas condiciones vienen establecidas por los códigos u ordenanzas de la ciudad, región o país. Las compañías aseguradoras recomiendan los procedimientos para el manejo y almacenamiento de materiales peligrosos y ofertan reducción de tarifas cuando se establecen normas de seguridad en las operaciones.

Aquí sólo vamos a revisar los **fundamentos para planificar un plan de protección en el trabajo y en la industria:**

1. Las resinas, disolventes, monómeros y otros líquidos inflamables, cuando se reciben en bidones o toneles, serán descargados a una carretilla o volqueta elevada para prevenir la caída y daño de los mismos. Cuando esto no sea posible, se hacen deslizar los bidones o se emplearán sistemas con tarimas y almohadillas para que al caer no se estropeen.



Fichas técnicas de los composites

2. **Los catalizadores peróxidos pueden ser los más peligrosos de todas las materias primas sino se manejan con cuidado.**
 - a. La descarga se hará con precaución para evitar detonaciones y daños en el recipiente.
 - b. Las zonas de almacenamiento estarán aisladas de otras instalaciones de la fábrica y serán de mampostería con escape para dirigir la fuerza de la explosión hacia arriba.
 - c. Es deseable también dividir la zona en secciones separadas por paredes cortafuegos para independizar los diferentes tipos de catalizadores.
 - d. Se mantendrán en las zonas de trabajo las cantidades mínimas y el pesado y manejo se hará en lugares donde se puedan evitar o controlar los incendios secundarios.
3. Aunque los refuerzos inorgánicos o de tipo mineral no presentan riesgo de incendio y no requieren especiales precauciones de manejo y almacenamiento, la mayoría de **los refuerzos orgánicos** como fibras naturales y sintéticas:
 - a. Estarán aisladas de las posibles fuentes de llamas o temperaturas elevadas.
 - b. Las zonas de almacenamiento estarán rodeadas de muros cortafuegos y protegidas por medio de sistemas aspiradores.

1.4. PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO

La adecuada seguridad en el lugar de trabajo se consigue mediante tres principios fundamentales:

- 1) El equipo y el edificio se deben proyectar, situar y conservar con vistas a la mayor seguridad posible durante Los trabajos.
- 2) El personal debe estar entrenado y familiarizado con el material y equipo que va a utilizar.
- 3) El equipo adecuado para la protección personal y contra incendios se debe planificar y mantener en buenas condiciones de uso.

Los proyectos técnicos para instalaciones nuevas o añadidas deben anticiparse a menudo a las circunstancias inciertas, tomando medidas de precaución para prevenir peligros aunque parezcan imposibles, así:

- ✓ Las estructuras serán tan resistentes al fuego como sea posible.
- ✓ Las zonas de almacenamiento para materiales peligrosos estarán aisladas para que no peligren las instalaciones u otros materiales.
- ✓ La mayoría de las áreas donde se llevan a cabo los procesos estarán aisladas para contener las llamas y ayudar a la extinción del fuego.
- ✓ Deben eliminarse las fuentes de ignición con equipos y sistemas adecuados.
- ✓ En los lugares donde son inminentes los peligros, el gastar dinero en un equipo no inflamable puede ser un seguro barato.
- ✓ Se necesita buena ventilación en las zonas donde se manejan y procesan las resinas, los monómeros y los disolventes a través de conducciones, evitando la acumulación de partículas explosivas.

Se pondrá atención especial en las zonas de procesado donde se manejen filmes o monómeros y disolventes que puedan incendiarse o formar con el aire o los vapores mezclas inflamables.

1.5. SEGURIDAD DEL EQUIPO

Un equipo adecuado puede reducir significativamente el posible peligro en las zonas de trabajo y almacenamiento. Son esenciales:

- ✓ Las herramientas a prueba de chispas.

- ✓ Los recipientes bien seguros y con cierres herméticos que hagan más seguro el manejo de líquidos inflamables.
- ✓ Las personas operarias provistas de los EPIs adecuados, máscara de gases, gafas, guantes, delantal y otros medios protectores cuando manejen materiales tóxicos.



Máscara de gases

1.6. ENSEÑANZAS PARA LA SEGURIDAD

- ✓ Programas de formación en seguridad continuos y completos.
- ✓ Ejercicios o simulacros contra incendios para que llegado el caso operen rápidamente y con eficacia.
- ✓ Manejo de material. El personal deberá estar completamente informado y familiarizado con el material y la función de los EPIs, lo que causará probablemente menos daños por equivocación o descuido.

1.7. CONSERVACIÓN

La conservación de los edificios y el equipo en buenas condiciones de funcionamiento eliminará muchos peligros potenciales:

- ✓ Inspecciones realizadas regularmente.
- ✓ Comprobaciones semanales del estado de conservación de los equipos e instalaciones, tomando nota escrita de las condiciones del equipo y modo de reemplazar las piezas defectuosas.

1.8. CUIDADO CON LOS RESIDUOS GENERADOS EN EL TRABAJO

El buen cuidado es también un paso hacia la seguridad. Las resinas, las fibras de vidrio, los filmes y pigmentos pulverulentos son más bien difíciles de manejar sin ensuciar el equipo y las zonas de trabajo.

Las resinas que cubren los pisos y el equipo pueden ser posibles mechas que extiendan el fuego rápidamente. Los filmes sueltos y desechados se recogerán en recipientes metálicos con tapaderas, separados y dispuestos con seguridad.

Los laminados desechados por no estar bien curados se pondrán en zonas abiertas y frías para evitar el fuego de los recortes por exotermicidad de los componentes. Es una buena práctica recoger los desperdicios y situarlos a una distancia segura de las instalaciones cuando no se disponga de otros medios adecuados.

Deben limpiarse periódicamente los equipos y enseres donde puedan acumularse grandes cantidades de polvo. El polvo procedente de los recortes de laminados reforzados con poliéster es tan peligroso como el polvo bituminoso del carbón, y no se deberá permitir su presencia.

1.9. EQUIPO CONTRA INCENDIOS Y DE PRIMEROS AUXILIOS

Las necesidades respecto al equipo contra incendios y de primeros auxilios dependerán del tamaño de la instalación, de las clases de proceso y de la posibilidad de emplear agua e instalaciones contra incendios.

No debemos olvidar que la prevención es el aspecto más importante de la seguridad contra incendios ya que gran parte de ellos podrían haberse evitado si se hubiesen aplicado una serie de medidas básicas que deben tenerse en cuenta al realizar el trabajo.

Estas medidas suelen estar relacionadas con el uso de equipos eléctricos y con la manipulación de sustancias inflamables, así como con el mantenimiento de las salidas de emergencia y la correcta señalización y accesibilidad de dispositivos extintores.

➤ Clases de fuegos que se pueden dar en un taller de poliéster:

- ✓ CLASE A: Por materiales sólidos u orgánicos (madera, fibra) y generan brasas.
- ✓ CLASE B: Por líquidos, sólidos inflamables o licuables.
- ✓ CLASE C: Los producidos por gases y los fuegos eléctricos.

➤ **Efectos nocivos del incendio:**

Van a depender sobre todo del combustible que arde y donde se origina el incendio. Pueden agruparse en:

- ✓ CALORIFICOS: Quemaduras y deterioro de materiales.
- ✓ GASEOSOS: Humos, gases irritantes, tóxicos y corrosivos así como disminución del oxígeno en el aire. Los gases son el principal riesgo humano. Los más frecuentes son: Monóxido de carbono, amoníaco, anhídrido carbónico, cloruro de hidrogeno, sulfuro de hidrogeno, etc.
- ✓ HUMOS: Reducen la visibilidad, irritan ojos, mucosas, reducen el ritmo respiratorio.

➤ **Causas de los incendios:**

- ✓ NATURALES: Rayos, autocombustión, etc.
- ✓ ELÉCTRICAS: Chispas, fusibles, electricidad estática, etc.
- ✓ TÉRMICAS: Calderas, hornos, superficies calientes, etc.
- ✓ VARIAS: Fermentaciones, reacciones exotérmicas, rozamientos, etc.

➤ **Elementos utilizados para la extinción de incendios:**

| TIPO DE EXTINTOR | A | B | C |
|-------------------------------------|-----|-----|----|
| Agua Pulverizada | *** | * | |
| Agua a Chorro | ** | | |
| Espuma Física | ** | ** | |
| Polvo Polivalente ABC | ** | ** | ** |
| Polvo Seco BC | | *** | ** |
| Anhídrido Carbónico CO ₂ | * | * | * |
| Halón | * | * | * |

Los Primeros Auxilios son los cuidados **inmediatos** que se prestan a una persona accidentada o enferma antes de que reciba tratamiento administrado por personal con formación médica. El objetivo de estos Primeros Auxilios es:

- ✓ Mantener vivo al accidentado.
- ✓ Evitar nuevas lesiones.
- ✓ Poner al accidentado lo antes posible en manos de servicios médicos.

A la hora de realizar los Primeros Auxilios deberemos:

- A. Mantener en todo momento la calma e inspirar confianza.
- B. Evaluar la situación antes de empezar a actuar. Sentido común.

- C. Tranquilizar a los accidentados y a las personas que se encuentran en el área del accidente.
- D. Avisar a los servicios de emergencia.

Las situaciones que necesitan de asistencia médica urgente son:

- ✓ Pérdida de consciencia
- ✓ Paro respiratorio
- ✓ Paro cardíaco
- ✓ Hemorragias graves
- ✓ Quemaduras
- ✓ Fracturas abiertas

En todos los casos se realizará una evaluación:

EVALUACION PRIMARIA Estado de consciencia (Responde)
Respira (Oír, Ver y Sentir)
Circulación (Pulso)
Hemorragias (Observar)

EVALUACION SECUNDARIA Heridas
Quemaduras
Fracturas

➤ **Contenido básico de un botiquín de primeros auxilios:**

| MEDICINAS | EQUIPOS Y OTROS | VENDAS |
|--|----------------------------------|-------------------|
| Alcohol | Pinza | Vendas elásticas |
| Algodón | Tijera para uso exclusivo | Venda de gasa |
| Agua oxigenada | Jeringa descartable | Esparadrapo |
| Tintura de yodo | Agujas descartables | Gasa esteril |
| Jabón desinfectante | Mascarillas descartables | Curitas |
| Sal de andrews | Guantes descartables | Toallitas húmedas |
| Sal oral rehidratante | Termómetro | |
| Analgésicos | Baja lenguas | |
| Antisépticos (Betadine) | Manual de primeros auxilios | |
| Antiinflamatorios | Lista de teléfonos de emergencia | |
| Antiácidos | Aguja e hilo | |
| Antidiarreicos | | |
| Tranquilizantes | | |
| Crema para quemaduras | | |
| Crema para picaduras | | |
| Crema para lesiones | | |
| Colirio mono dosis | | |
| Solución específica para la limpieza de los ojos | | |

Sería conveniente que todos y cada uno de los trabajadores estuvieran informados (carteles informativos, charlas informales, folletos explicativos...) sobre lo que en primeros auxilios se conoce como **P.A.S.**:

- ✓ **P de proteger:** antes de actuar, hemos de tener la seguridad de que tanto el accidentado como nosotros mismos estamos fuera de todo peligro.
- ✓ **A de avisar:** siempre que sea posible avisaremos a los servicios sanitarios de la existencia del accidente, y así activaremos el Sistema de Emergencia, para inmediatamente empezar a socorrer en espera de ayuda.
- ✓ **S de socorrer:** una vez hemos protegido y avisado, procederemos a actuar sobre el accidentado, reconociendo sus signos vitales (conciencia, respiración, pulso), siempre por este orden.

2. SEGURIDAD EN EL MANEJO DE MATERIALES – (PERÓXIDOS ORGÁNICOS)

El personal que trabaja en la elaboración de plásticos reforzados maneja tres materias primas básicas: resina, material reforzante y catalizador.

Debido a que la cantidad de catalizador es muy pequeña frecuentemente no se le da importancia o se acepta como un mal necesario. Como resultado de ello el personal no está familiarizado con la variedad de catalizadores disponibles y tiene poco o ningún conocimiento de la seguridad necesaria para el manejo de estos productos. Los fabricantes de catalizadores poseen y comunican las propiedades físicas e información sobre embalaje y transporte, así como recomendaciones sobre almacenamiento de cada uno de estos productos individualmente, es por esto imprescindible leer y tener siempre a mano las fichas técnicas de los productos.

2.1. EMBALAJE Y ENVÍO

Los peróxidos orgánicos y los compuestos con peróxidos orgánicos están clasificados en general como compuestos químicos peligrosos. Como tales, se controla su embalaje y transporte cuidadosamente.

Muchos de los peróxidos orgánicos se indican por el nombre y están cubiertos por reglamentaciones especiales. Los no cubiertos específicamente caen dentro de la clasificación general como líquidos inflamables, compuestos oxidantes, sólidos inflamables y peróxidos orgánicos líquidos, y sin especificar.

La **tabla 8** cita los peróxidos orgánicos comerciales y muestra la lista de mercancías, clasificaciones y rótulo requerido.

TABLA 8. CLASIFICACIÓN DE LOS PERÓXIDOS ORGÁNICOS COMERCIALES

| PRODUCTO | LISTA DE MERCANCÍAS | CLASIFICACIÓN | RÓTULO |
|--|--|------------------------|-------------------|
| SÓLIDOS | | | |
| Peróxido de benzoilo | Peróxido de benzoilo | Material oxidante | Amarillo |
| Peróxido de benzoilo purif. | | | |
| Peróxido de benzoilo con ácido esteárico | Sólidos no inflamables | Sólidos no inflamables | Sin restricciones |
| Peróxido de benzoilo con fosfato cálcico | | | |
| Peróxido de benzoilo sulfato cálcico | | | |
| Peróxido de lauroilo | Peróxido de lauroilo | Sólido inflamable | Amarillo |
| Peróxido ciclohexanona 85% con ftalato de dibutilo | Material oxidante s.o.e. (sin otra especificación) | Material oxidante | Amarillo |
| PASTAS | | | |
| Peróxido de benzoilo con fosfato de tricresilo. | Sólidos inflamables s.o.e. | Sólido inflamable | Amarillo |
| Peróxido de benzoilo ftalato de dibutilo. | | | |
| Peróxido de benzoilo con ácido silícico. | | | |
| Peróxido de 2,4- diclorobenzoilo con ftalato de dibutilo | Material oxidante, s.o.e. | Material oxidante | Amarillo |
| Peróxido de 2,4- diclorobenzoilo con aceite de silícico | | | |
| Peróxido ciclohexanona 50% con ftalato de dibutilo | Sólido inflamable, s.o.e. | Sólido inflamable | Amarillo |
| LÍQUIDOS | | | |
| Peróxido de metiletilcetona con ftalato de dimetilo | Material oxidante, s.o.e | Material oxidante | Amarillo |
| Hidroperóxido de t-butilo | Líquido inflamable | Material inflamable | Rojo |
| Peróxido de t-butilo | Peróxido orgánico líquido, s.o.e. | Material inflamable | Rojo |
| Perbenzoato de t-butilo | Peróxido orgánico líquido, s.o.e. | Material oxidante | Amarillo |
| Diperftalato de di-t-butilo con ftalato de dibutilo | Material oxidante, s.o.e. | Material oxidante | Amarillo |
| Hidroperóxido de cumeno | Hidroperóxido de cumeno | Material oxidante | Amarillo |
| Peróxido de acetilo | Solución de peróxido de acetilo | Material oxidante | Amarillo |

2.2. DATOS SOBRE SEGURIDAD

Los peróxidos orgánicos por su naturaleza son por norma extremadamente inflamables y en ciertas condiciones pueden descomponerse con violencia explosiva. Sin embargo, hay diferencias ante la peligrosidad de unos y otros peróxidos orgánicos. Todos los peróxidos orgánicos se han ensayado respecto a su sensibilidad al choque, al calor, velocidad de combustión, punto de inflamación, estabilidad de almacenamiento y reacción para detonar.

También se han realizado otras muchas experiencias para determinar su relativo peligro, antes de autorizarse el transporte y puesta en el mercado. A continuación se exponen unos datos prácticos para los que manejan los diferentes productos.

2.2.1. SÓLIDOS

El peróxido de benzoílo, el peróxido de benzoílo purificado, los compuestos de peróxido de benzoílo con ácido esteárico, tienen características de seguridad y estabilidad térmica similares. Todos estos compuestos se incluyen en las siguientes características sobre el peróxido de benzoílo:

- ✓ Se puede almacenar durante largos períodos de tiempo a temperatura ambiente normal.
- ✓ Arde a gran velocidad.
- ✓ Se descompone violentamente a elevadas temperaturas. La violencia de la descomposición depende del grado de confinamiento a que esté sometido.
- ✓ Es sensible al choque y se descompone si se le somete a fuertes golpes o calor de fricción. La violencia de la descomposición depende a su vez del grado de encierro. El peróxido de benzoílo, por tanto, se manejará con mucho cuidado y protegido de toda fuente de calor.
- ✓ Puede descomponerse por la acción de ciertos agentes químicos. Se tomarán precauciones para evitar que el peróxido de benzoílo se ponga en contacto con ácidos o bases fuertes, compuestos de azufre, aminas o agentes reductores de cualquier tipo.
- ✓ En muchos sistemas de resinas se emplea un acelerante o iniciador además de los catalizadores. No deberán mezclarse bajo ninguna circunstancia juntos el acelerante y el catalizador, porque puede ocurrir una descomposición violenta.

- ✓ El compuesto de peróxido de benzoilo en los porcentajes que se indican en la tabla XI-1.1, con alcanfor, fosfato de calcio y sulfato de calcio, forman mezclas no inflamables. Estos compuestos no son sensibles a los golpes. Debido a la posibilidad de descomposición lenta del peróxido de benzoilo, estas muestras no se almacenarán donde se puedan alcanzar temperaturas superiores a 80°C.

2.2.2. PASTAS

Los **peróxidos orgánicos** se preparan en forma de pastas para mejorar sus características de seguridad y facilitar su dispersión en los sistemas de resinas.

En algunos casos, los **peróxidos orgánicos puros** no son adecuados para el transporte y por eso se envían diluidos en forma de pastas.

- ✓ Los **diluyentes preferidos** son líquidos no inflamables, no volátiles, que no reaccionan con el peróxido y que son compatibles con la resina con la que se van a mezclar.



Pasta carrocera (catalizador en pasta)

- ✓ Los compuestos en pasta son menos sensibles a los golpes que los peróxidos puros y arden mucho más lentamente.
- ✓ Son, sin embargo, menos estables térmicamente que los compuestos puros, pero la descomposición de las pastas tiene lugar sin la velocidad y violencia de los peróxidos.
- ✓ Los peróxidos en forma de pasta reaccionan de manera similar a los productos puros con acelerantes, pero la violencia de la reacción es más reducida. Sin embargo, se tomarán precauciones para prevenir la contaminación de las pastas con otros compuestos químicos.

2.2.3. LIQUIDOS

En el uso de los peróxidos orgánicos líquidos deberemos:

- ✓ Mantener los recipientes herméticamente cerrados. Controlar los derrames y residuos, eliminándolos con métodos seguros. Evitar el vertido libre desde el recipiente.
- ✓ Evitar la evaporación del producto ya que contiene sustancias inflamables, las cuales pueden llegar a formar mezclas vapor/aire inflamables en presencia de fuentes de ignición. Controlar las fuentes de ignición (teléfonos móviles, chispas,...) y trasvasar a velocidades lentas para evitar la generación de cargas electroestáticas. Evitar las proyecciones y las pulverizaciones.
- ✓ No comer, beber ni fumar en las zonas de trabajo; lavarse las manos después de cada utilización, y despojarse de prendas de vestir y equipos de protección contaminados antes de entrar en las zonas para comer.
- ✓ Se recomienda disponer de material absorbente en las proximidades del producto.
- ✓ El tiempo promedio de almacenamiento no debe superar los 6 meses para el peróxido de MEK
- ✓ La temperatura de almacenamiento estará entre 5°C y 30°C
- ✓ Evitar fuentes de calor, radiación, electricidad estática y el contacto con alimentos.

2.2.4. ROTULADO

Cada unidad embalada que contiene un peróxido orgánico se identificará por un rótulo apropiado.

- ❖ El rótulo muestra el nombre comercial, la composición química y el peso neto o volumen del producto contenido en el recipiente. Además, en el rótulo figurará una advertencia que indique el grado de peligrosidad y las medidas que deben tomarse o las circunstancias que deben evitarse.

Cuando se requieran condiciones de almacenamiento especiales también se incluirán en el rótulo.

Similares rótulos se aplican también en el exterior de las cajas de transporte. Estas cajas también llevan las apropiadas advertencias y reglamentaciones. También se

incluirán, por supuesto, en notas independientes en las cajas de transporte cualquier otro rótulo o referencias específicas, así como reglamentaciones o indicaciones oportunas.

Todos las personas operarias que manejan los recipientes estarán completamente familiarizados con las precauciones que deban tomarse e indicaciones en los rótulos. La etiqueta que corresponde a peróxidos orgánicos es la siguiente:



Clase **5.2** identifica a los peróxidos orgánicos que como ya se ha indicado son utilizados como iniciadores para algunos tipos de polimerización. Sin embargo, la misma propiedad significa también que los peróxidos orgánicos pueden, tanto intencional o inintencionalmente, iniciar la polimerización explosiva en materiales con enlaces químicos insaturados, y este proceso ha sido utilizado en explosivos. Muchos peróxidos orgánicos son altamente inflamables, materiales explosivos, frecuentemente potentes y volátiles. Una cantidad tan pequeña como 5 mg de peróxido de éter dietílico puede romper aparatos químicos de vidrio. Los peróxidos orgánicos, como sus contrapartes inorgánicos, son poderosos agentes blanqueadores.

Las materias de la clase 5.2 se subdividen en:

P1 Peróxidos orgánicos que no necesitan regulación de la temperatura.

P2 Peróxidos orgánicos que necesitan regulación de la temperatura.



Los peróxidos orgánicos se clasifican en siete tipos según el grado de peligrosidad que presenten:

- Los tipos varían entre el **tipo A**, que no se admite al transporte en el envase o embalaje en el que haya sido sometido a los ensayos, y el **tipo G**, que no está sujeto a las disposiciones que se aplican a los peróxidos orgánicos de la clase 5.2.
- La clasificación de los **tipos B a F** va en función de la cantidad máxima de materia autorizada por bulto.

2.3. MANEJO Y ALMACENAMIENTO

A continuación se exponen una serie de recomendaciones que será necesario modificar teniendo en cuenta las condiciones del local en cada caso.

2.3.1. GENERALIDADES:

1. Los edificios de almacenamiento estarán en lugares aislados. Se utilizarán exclusivamente para almacenamiento de estos compuestos orgánicos.
2. Los peróxidos orgánicos líquidos no se almacenarán en los mismos edificios que los sólidos o pastas.
3. El edificio estará construido de materiales refractarios.
4. No habrá conexiones eléctricas ni fuentes de calor. Si son necesarias fuentes de luz se proporcionará del exterior a través de puertas abiertas.
5. El edificio tendrá visiblemente colocado "Almacenamiento inflamable. No encender fuego".
6. No se permitirá fumar cerca ni dentro del edificio.
7. La zona de los alrededores del almacén se mantendrá libre de todo material combustible.
8. El edificio contendrá empaquetados los peróxidos orgánicos en sus cajas originales de transporte.
9. La manipulación o pesada de los peróxidos no se permitirá dentro del edificio de almacenamiento.

2.3.2. PERÓXIDOS ORGÁNICOS SÓLIDOS

El peróxido de benzoilo, el peróxido de benzoilo purificado, los compuestos de peróxido de benzoilo con ácido esteárico y el peróxido de ciclohexanona al 85% con ftalato de dibutilo se almacenarán en similares condiciones.

Es admisible el almacenamiento de estos peróxidos en cantidades inferiores a 22,5 kg., en un edificio separado y equipado con pulverizaciones si dicha zona está muy alejada de la fabricación y de otros combustibles y si el material almacenado se puede rociar con agua.

Al utilizar estos peróxidos orgánicos sólidos solamente se tendrá la mínima cantidad necesaria en cada momento para cada operación en la zona de fabricación. Se llevará únicamente el material correspondiente del almacén general para cada sesión de trabajo. El peróxido se trasladará de dicho almacén en el recipiente original, corrientemente de 450 g., preferiblemente en la propia caja de cartón del transporte. Si no se va a emplear todo el contenido, puede abrirse en el almacén y trasladar la cantidad correcta a otra vacía de 450g., o a un recipiente especial vacío para trasladarlo a la zona de trabajo. El peróxido no utilizado de los recipientes sin abrir se devolverá cada noche al almacén general.

Puesto que estos peróxidos sólidos están empaquetados en recipientes de 450 g., se emplearán, cuando sea posible, lotes completos de peróxidos. Esto elimina la operación de pesar y reduce la exposición del personal. Se cuidará de vaciar completamente los recipientes.

Estos peróxidos sólidos no se añadirán a soluciones calientes donde pudiera ocurrir una reacción a temperaturas por encima de 50°C debido a la rápida descomposición que puede tener lugar. El material derramado debe ser recogido inmediatamente con equipos que no produzcan chispas.

2.3.3. PERÓXIDOS ORGÁNICOS EN PASTA

Las pastas de peróxidos orgánicos tienen similares características y se almacenarán en las mismas condiciones.

Desde el punto de vista del trabajo son preferibles los almacenamientos interiores, debido a que algunas de estas pastas deben almacenarse a temperaturas inferiores a 27°C, y es difícil conseguir esta temperatura en un almacenamiento exterior aislado

sin instalación de refrigeración. Con almacenamientos en interiores es posible asegurar esta temperatura si la situación del almacén es adecuada.

Independientemente del tipo de embalaje, se mantendrán separados el peróxido en pasta y el diluyente durante el almacenamiento. Esta separación depende de la duración del tiempo de almacenamiento y de las condiciones de temperatura.

En cualquier caso, los peróxidos orgánicos en pasta se mezclarán hasta obtener una consistencia uniforme antes de emplearlos. Esta operación de mezclado se efectuará en un lugar especialmente preparado para este fin. Se llevarán desde el almacén hasta este punto los recipientes sin abrir y se hará la mezcla cuidadosamente empleando un útil de madera duro y limpio. Se tendrá cuidado de no contaminar la pasta, especialmente con acelerantes o iniciadores de cualquier tipo. La pasta mezclada uniformemente se puede entonces medir en volumen o peso e incorporarla entonces a la resina. Los recipientes en los que se pesan las pastas serán de vidrio, plástico o papel revestido para prevenir la contaminación por corrosión. Incluso el acero inoxidable es atacado lentamente por algunos peróxidos orgánicos en pasta. Los recipientes de vidrio vacíos se limpiarán perfectamente con un disolvente no inflamable antes de guardarlos.

2.3.4. PERÓXIDOS ORGÁNICOS LÍQUIDOS

Aunque algunos de los peróxidos orgánicos líquidos están clasificados como líquidos inflamables y otros como materiales oxidantes, todos se almacenarán y manejarán como si fueran inflamables.

Cuando están almacenados en los recipientes originales cerrados, uno de los principales peligros es el fuego procedente del exterior. Por esta razón, el almacén de peróxidos orgánicos líquidos estará aislado y restringido únicamente a almacén y construido especialmente, o en locales de edificios mayores. Algunas pequeñas cantidades se pueden almacenar en cajas o pequeños recipientes.

Si no hay disponible un almacén concreto para estos compuestos y se utilicen cantidades pequeñas (no superiores a 45 kg.) se pueden guardar en casetas especiales. El piso, la cubierta y las paredes de la caseta serán de chapa de al menos galga nº 18 de espesor y dobles paredes espaciadas 3,7 cm. Las juntas estarán ribeteadas, soldadas y bien sujetas con algún sistema eficaz. Las puertas serán de estructuras equivalentes a las paredes y estarán fijadas por tres puntos. Los ajustes

serán de tipo fricción y se soltarán en caso de explosión. Las puertas se mantendrán cerradas cuando no se utilicen. El umbral de la puerta estará elevado al menos 5 cm. por encima del piso de la caseta. Estará adecuadamente rotulado en rojo con la palabra "Inflamable" "No encender fuego". Si es posible, la caseta estará ventilada hacia el exterior. Los peróxidos líquidos se mantendrán en sus recipientes originales ventilados.

Como se recomienda para las formas sólidas y en pasta de los peróxidos orgánicos líquidos, solamente se tomará la cantidad suficiente para cada sesión de trabajo. El peróxido se retirará del almacén en su recipiente original y se sacará de él la cantidad necesaria en volumen o peso solamente en el lugar donde se vaya a emplear. Cuando tengan cubiertas ventiladas los recipientes originales, se emplearán solamente éstos. El peróxido no empleado se dejará en su recipiente original y se devolverá el peróxido líquido al depósito general desde el recipiente de medida. Cualquier excedente de este tipo se considerará como material a desperdiciar.

2.4. DESTRUCCIÓN DE MATERIALES DAÑADOS EN EL TRANSPORTE Y DE PERÓXIDOS ORGÁNICOS CONTAMINADOS O DERRAMADOS.

Cuando el material se recibe con daños exteriores debidos al transporte, se debe investigar cuidadosamente la extensión del daño en el interior de los recipientes. Abriendo cuidadosamente el exterior del recipiente con útiles seguros y solamente lo necesario y se comprueban las condiciones interiores de los recipientes. Debe informarse de la reclamación correspondiente al transportista y examinar el daño. Si el interior de los recipientes está sin dañar, basta arreglar el exterior y dejarlo en condiciones de seguridad.

Los recipientes dañados se almacenarán separadamente y este material se utiliza tan pronto como sea posible. Si está dañado o roto el interior de los recipientes que contienen materiales sólidos o en pasta, se deberá destruir el producto. Reunir y juntar cuidadosamente cualquier producto derramado del interior del recipiente roto y destruirlo. Si no es posible hacerlo inmediatamente se sumerge lo recogido, junto con lo que quede en el interior del recipiente, en un cubo de agua. De esta manera se puede mantener con seguridad el peróxido contaminado hasta que se pueda destruir.

En caso de rotura del interior de los recipientes con peróxidos líquidos que hayan empapado el material de embalaje no combustible hay que separar este material empapado cuidadosamente y guardarlo en un recipiente de metal. Se procede a su destrucción.

En los lugares donde se almacenen los garrafones o bombonas con peróxidos líquidos se mantendrá a mano y durante todo el tiempo un bidón de unos 75 litros cargado con perlitas o vermiculitas finas no combustibles. En caso de rotura se empapa inmediatamente el líquido vertido con este material incombustible. Se recoge la vermiculita humedecida con el líquido, sin emplear palas de acero que pueden producir chispas con el cemento del piso, y se destruye.

CAPÍTULO II: HIGIENE Y SEGURIDAD DEL PERSONAL

1. SEGURIDAD EN EL EMPLEO DE LOS EQUIPOS

1.1. PROTECCIÓN DE LA MAQUINARIA

Muchas máquinas y herramientas de la industria de los plásticos reforzados se equipan con adecuadas protecciones, estas defensas o protecciones se pueden separar o hacerlas desaparecer cuando se transfiere el equipo de uno a otro usuario.

Las protecciones improvisadas dan un falso sentido de seguridad. Las máquinas tendrán, desde que se fabrican, salvaguardias integradas formando normalmente parte del equipo.

Las condiciones en que a menudo se trabaja en la industria de los P.R. inducen algunas veces a modificar los equipos normales. Antes de poner el equipo en servicio se instalarán las indicadas defensas.

Cuando sea necesario diseñarlas y construirlas cumplirán las siguientes condiciones:

- 1) Robustas y duraderas: siendo preferibles las chapas de metal, las telas metálicas gruesas, los plásticos transparentes y las conducciones y estructuras de acero.
- 2) Adaptables al local y a las especificaciones establecidas. La ayuda para diseño e instalación de protecciones para un cometido específico se pueden obtener del personal técnico en sistemas de seguridad.
- 3) Prever convenientes y seguros accesos para lubricación, inspección, ajuste y reparación.
- 4) La construcción será tal que su utilización dependa lo menos posible del elemento humano.
- 5) Evitar posibles peligros (bordes agudos, superficies abrasivas astilladas o dificultades de buena visibilidad).
- 6) Máxima protección sin interferir con la eficacia del funcionamiento de la máquina o herramienta. En el trabajo con útiles como cuchillas giratorias o de vaivén, sierras, fresa y brocas, éstas estarán resguardadas para que los operarios no puedan tener contacto con dichas piezas móviles. Las sierras y las rectificadoras estarán equipadas con pantallas protectoras para resguardar a los operarios de las partículas que saltan.

1.2. UTILIZACIÓN DE COLOR

El color se puede utilizar para resaltar los puntos peligrosos de la maquinaria y de la zona de trabajo, suplementando así las defensas mecánicas. El efecto de contraste de colores de apropiado valor reflectante es muy adecuado para las máquinas. Los puntos críticos se harán ostensibles mediante contraste de colores.

Control (factores personales)

No hay sustitutivo completo de una persona bien entrenada y consciente de la seguridad. Sin embargo, los sistemas de seguridad y protección cuando se instalan y utilizan como corresponde, ofrecen seguridad tanto a la persona que está realizando el trabajo como a las de su proximidad.

Las defensas no serán de valor si el trabajador o la trabajadora se empeña en prescindir de ellas. Los sistemas de seguridad, si no están bien conservados, pueden fallar en los momentos críticos. El control sobre la máquina depende sobre todo de las personas que la manejan.

Dicho control se puede desarrollar a través de entrenamientos, conocimientos y corrección de los motivos de peligrosidad y sus fuentes. La persona responsable de la inspección debe poner interés en la seguridad de su personal. En cada incorporación de personal se entregará instrucciones detalladas sobre prácticas de seguridad e inspecciones cuidadosas para asegurarse que obedecen las instrucciones recibidas.

1.3. PREPARACIÓN DE MATERIAL

Máquinas eléctricas de cortar tejidos, cuchillas y sierras circulares. Las máquinas eléctricas de cortar tela son indispensables para cortar material seco, lo que supone una gran ayuda para la producción. Sin embargo, el personal debe estar completamente entrenado para su correcto uso y saber todo lo referente a las cuchillas afiladas. Se observarán las siguientes precauciones:

- 1) Tener siempre los guarda hojas colocados.
- 2) Mantener el material a mano lo más cerca posible de la máquina.
- 3) Emplear pesas para sujetar el material siempre que sea posible, en lugar de hacerlo con las manos.

- 4) Los cables eléctricos de la alta potencia estarán suspendidos en líneas aéreas para que no interfieran al trabajador o trabajadora.
- 5) No intentar separar partículas de las proximidades de la cuchilla cuando la máquina está en marcha. Parar la máquina y después limpiar la cuchilla.
- 6) No intentar afilarlas a mano. Utilizar la afiladora automática proporcionada con la máquina.
- 7) No intentar cortar más cantidad de material del que una máquina pueda hacerlo con seguridad. Las dificultades en el cortado pueden conducir a accidentes por torpezas de manejo y presión excesiva.
- 8) Mantener la máquina limpia en buen servicio, de marcha uniforme y cuchillas afiladas para mayor seguridad y eficacia de funcionamiento.



Cortadora de fibra a batería

- **Cutter:** La herramienta más adecuada para cortar tejidos y fieltro seco. Si es posible se envainarán cuando no se utilicen. Las manos estarán libres de resinas y limpias para evitar el deslizamiento de la herramienta que se utiliza.



Cortador de fibra manual (cutter)

- **Pesas y barras:** Corrientemente se emplean pesas de plomo hasta de 2.5 kg. para mantener sujetos los extremos del tejido y del fieltro mientras se desenrolla el

material. Se cuidará de no poner las pesas en los bordes de las mesas para evitar que se caigan sobre los pies de los operarios. Cuando no se utilicen las pesas se almacenarán en un estante por debajo del nivel de los ojos de tal manera que no puedan resbalar y caerse.

Las barras de acero de gran resistencia corrientemente de 25*6 mm de diámetro, que se utilizan para sujetar los bordes, deben manejarse y almacenarse de la misma manera para prevenir accidentes similares.

- **Máquinas de impregnación:** Los engranajes, correas de transmisión y poleas empleadas para hacer funcionar los rodillos de impregnación se mantendrán protegidas con las apropiadas defensas. La ropa del personal estará libre de hilos y fibras sueltas que puedan enredarse en la maquinaria; los delantales, de emplearlos, serán ligeros y ajustados convenientemente para que puedan quitarse rápidamente del cuerpo en caso de habérselos cogido la máquina.

La impregnación del tejido con la resina es una operación sucia y se pondrá mucho cuidado en todo momento. La máquina y sus alrededores se limpiarán completamente después de cada utilización. Cerca de la base de la máquina habrá un cajón con arena para prevenir el excesivo derrame de la resina en los alrededores del suelo, evitando así serios peligros de deslizamiento.

Es esencial disponer de un almacén para el tejido hasta el momento de su utilización en la impregnación. De nuevo debe prevenirse aquí también el exceso de resina en los alrededores del suelo donde se trabaja. Envolviendo los rollos de tejido impregnado con láminas de plástico u hojas de papel se evita la contaminación de las capas exteriores del rollo y el goteo en los estantes o en el suelo.

- **Máquinas mezcladoras:** Cuando se mezclan las resinas es mejor emplear un mezclador activado por aire o electricidad y firmemente asegurado el tambor mezclador por los bordes o el soporte. Al mezclar un fluido en un recipiente, se asegurará firmemente para que la vibración no produzca desplazamiento ni oscilaciones que pudieran causar el roce o contacto de las cuchillas con las paredes.
- **Mesa de cortado y sujetador del tejido:** Para el cortado de los materiales se utiliza una gran mesa plana, de unos 2,4 * 4,8 m, ligeramente más baja que las de altura convencional y cubierta con una chapa de metal de ligero espesor. Para sujetar

los rollos de tejido y fieltro se emplea, junto a la mesa, un bastidor de cuatro ruedas guiado por carriles. Los rodillos posteriores y anteriores deben permitir que las capas del material se coloquen sobre la mesa de cortado. Una pequeña grúa colocada en el extremo de la mesa facilita la carga segura del material, eliminando los peligros de tener que elevar la carga frecuentemente pesada.



Mesado (o mesa) para corte de fibra

1.3.1. MODELO

El moldeo de plásticos reforzados mediante baja presión se efectúa manualmente. La persona transformadora, laminadora o fabricante necesita emplear diferentes tipos de útiles mecánicos y herramientas manuales. Es esencial para ello seguir las instrucciones apropiadas. Necesitará manejar piezas pesadas, trabajar en posiciones difíciles, utilizar materiales pegajosos, irritantes y olorosos por naturaleza, en andamios de niveles superiores al piso y en el interior de grandes moldes; mezclar y catalizar grandes cantidades de resinas con gran exactitud, separar las piezas terminales del molde, manejar compuestos volátiles y realizar otras muchas funciones.



Catalización con probeta

Al personal encargado de transformar o laminar deberá usar los EPIs pertinentes, máscara de gases, guantes de goma, ropa de trabajo y calzado de seguridad adecuado para estos trabajos.

Los útiles corrientemente manejados son para pulido y bruñido de los moldes; en los mezcladores se preparan las tandas de resina. Las pantallas que protegen del polvo durante la operación de pulido estarán firmemente aseguradas a las máquinas. Se llevarán puestas las gafas cuando se realicen estas operaciones, y se debe tener cuidado con las cuchillas. Los andamiajes, armazones y el piso deben mantenerse limpios. El personal conocerá los métodos apropiados de movimientos de cargas y la obligación de llevar los guantes puestos para evitar cortes por los bordes afilados de las piezas moldeadas.

Las resinas, el estireno y los disolventes son compuestos volátiles y está prohibido fumar en los lugares de trabajo. El fumar y las cerillas son con gran diferencia las causas más comunes de incendio en las industrias. El principal peligro es el de las colillas tiradas al suelo encendidas.

- **Disolventes.** La primera consideración para la selección de un disolvente es que cumpla con las reglamentaciones sobre locales, salud y fuego. Estas normas frecuentemente especifican los disolventes que no pueden utilizarse y las precauciones que deben tomarse con los disolventes permitidos. Desde el punto

de vista de la salud y la seguridad, los principales factores para la selección de un disolvente son la inflamabilidad, irritación de la piel, toxicidad y olores nocivos. Además de tales factores se tendrán en cuenta la velocidad de evaporación, efectividad como detergente y coste. Se emplearán las siguientes precauciones para el manejo de los disolventes:

- 1) Ventilación apropiada.
- 2) Los almacenamientos estarán situados de tal manera que en caso de fuego no peligren otras secciones de la fábrica.
- 3) Los recipientes con disolventes no se almacenarán en las zonas de trabajo; solamente se tendrán en dichas zonas pequeñas cantidades.
- 4) Se evitará el derrame de disolventes. Los vapores pueden fluir a largas distancias por el suelo e inflamarse y arder.
- 5) Los disolventes contaminados que no se van a emplear no se verterán en desagües o alcantarillas. Se transportarán en un recipiente cerrado a una zona abierta o lugar de descarga seguro.



Parafina

1.3.2. RECORTADO

El recortado de las piezas de plásticos reforzados se realiza por métodos de:

- 1) Mecanizado o serrado.
- 2) A mano, cortando o lijando.

Las máquinas de cortar y serrar se emplean con seguridad en grandes series. Los bordes cortantes pueden estar encajados en un dispositivo protector y la pieza a

cortar se sujetará firmemente con sistemas de mordaza. En todos los casos la máquina estará afilada, especialmente si la pieza se corta en húmedo. Se obtiene un corte limpio y rápido empleando agua como lubricante.

Cuando se corte en húmedo por pulverizado con agua de la rueda de cortar, se debe idear un sistema para recuperar el agua sin permitirle desaguar en el piso. Se evitarán los pisos humedecidos por ser un continuo peligro para el resbalado.

Cuando se instale un útil de cortado permanente se adaptará a la máquina un sistema de control de medidas. Se deben idear medios para separar el polvo con mangueras flexibles de suficiente diámetro. Si esto no es práctico, la zona de trabajo estará encerrada en una cabina o cámara con extracción de aire a velocidad mínima de 15 m por minuto, según la capacidad del recinto. El trabajador o trabajadora estarán situados en la trayectoria del aire nuevo.

El manejo y cortado de grandes piezas requiere personal más experimentado. Estará equipado con guantes, gafas y careta antigás. Las piezas estarán situadas en un lugar por donde pase el aire de extracción y en las proximidades del trabajador. Todos los aparatos eléctricos tendrán conexión a tierra. Las piezas a cortar estarán firmemente diseñados específicamente para cada una de ellas.



Corte de estratificado

- Las **sierras de cinta o sin fin** son muy útiles para el cortado y contorneado de laminados. Colocando un pequeño tubo por el que pasa corriente de aire a baja presión en el punto de cortado, se sopla y separa el polvo que se desprende,

permitiendo ver la línea de corte claramente. Es de gran ayuda colocarse a la sombra de la luz fijada para el trabajo. La sierra de mesa o sierra de corte radial empleada como rueda abrasiva es un excelente medio de obtener cortes perfectos. Las protecciones de las propias máquinas serán adecuadas y no se separarán de ellas.

- El caballo de batalla de la industria es **la rectificadora de gran rendimiento** provista con una rueda abrasiva. Como se necesitan las dos manos para operar con estos útiles, es necesario que la pieza esté firmemente sujeta. Antes de usarla se debe hacer una cuidadosa inspección de la rueda abrasiva para encontrar las grietas por las que pudiera desintegrarse la rueda al funcionar con velocidades elevadas.

Cuando se reemplace o cambie la rueda abrasiva se debe emplear siempre discos de papel sobre el lado de la rueda para ajustar cualquier discrepancia en la alimentación. Esta práctica prevendrá las grietas y roturas de la rueda durante su funcionamiento.

La importancia de la herramienta de cortado reside en el equipo que funciona con aire. Las herramientas accionadas por aire son preferibles por las siguientes razones:

- 1) No hay peligro de descargas eléctricas.
 - 2) Con sobrecargas, una herramienta accionada por aire se atascará, pero no cegará ni dañará al operario.
 - 3) Requiere menos entrenamiento. En un trabajo con polvo, los motores eléctricos se ensucian, sobrecalentándose y produciendo interrupciones por aislamiento, descargas y cortocircuitos y fallos del útil.
 - 4) Se pueden emplear en operaciones de cortado en seco o en húmedo sin las dificultades de los sistemas eléctricos.
 - 5) Eliminan los paneles de alimentación de la red, enchufes, clavijas, etc.
 - 6) Las herramientas son más ligeras, más compactas, más resistentes a los golpes, y reducen la fatiga del operario.
 - 7) Dan a éste la posibilidad de variaciones infinitas de velocidad por ajuste del gatillo o pulsador, no obtenible con equipos eléctricos.
- **Taladros de aire:** El taladro de P.R. causa elevado grado de calor en el borde de los cortes. Es deseable, cuando sea posible, realizarlo en húmedo para prolongar la vida de las herramientas cortantes. Las brocas y otros útiles cortantes estarán

siempre fuertemente asegurados al manguito. Para facilitar la operación debe fijarse una mordaza del tamaño adecuado a la broca o tubo de aire. Se enseñará al personal que opere con esta maquinaria: una buena práctica de taladro, apropiado uso del lubricante y utilización de herramientas bien afiladas.

- **Sierras rotatorias o “kett”:** Se emplean cuando se desean cortes de pequeño detalle o muesca. La rotación de las cuchillas es opuesta a la dirección del movimiento del útil, creando la posibilidad de “retrocesos”. El corte comenzará gradualmente y la herramienta se sujetará firmemente con las dos manos.
- **Sierras oscilantes:** Se emplean también para cortes aislados o difíciles de realizar por su situación. El comienzo de los orificios será lo bastante grande para que puedan acomodarse las cuchillas. No intentar separar la cuchilla del punto de trabajo hasta que esté parada.
- **Remaches con martillo neumático, percusión y compresión:** Se empleará dicho útil solamente si la buterola tiene muelle de retenida. El personal que lo maneje requiere un alto grado de entrenamiento y constante formación para la utilización apropiada del martillo neumático. Los útiles de este tipo funcionan normalmente con aire a presión reducida. Son parte del entrenamiento: el conocimiento de la presión y los métodos adecuados para su utilización.

Todas las piezas fabricadas pasan por una sección de recortado, en la que se manejan los productos en diferentes fases de su fabricación. Los plásticos reforzados antes de ser recortados tienen normalmente los bordes agudos; al personal se le instruirá para que cubra sus manos y evite los cortes al manejar las piezas. En todas las operaciones de cortado se produce polvo y virutas en diferentes cantidades. Siempre tendrán a mano las gafas de protección y su uso será obligatorio. Los daños en los ojos son frecuentes, y solamente disminuirá su número con la obligación de protegerse adecuadamente.

Una de las principales responsabilidades del personal de inspección es la esquematización de los movimientos y paradas de las piezas en producción. Las piezas estarán situadas de manera conveniente para que las manejen con el menor movimiento posible; deben apilarse de tal manera que no puedan caerse, y retirarlas del taller tan pronto como sea posible.

Es esencial poner mucha atención en mantener la seguridad durante las operaciones de recortado: los recortes despedidos se deben retirar inmediatamente

y colocarlos en recipientes adecuados. Son cortantes y no manejables, por lo que pueden producir toda clase de accidentes.

- **Polvo:** Es muy importante también controlar el polvo. Este se deposita en capas en las zonas de cortado, por lo que se debe separar mediante sistemas de limpieza por vacío o por equipos colectores de polvo. El polvo acumulado se dispersa con los movimientos de abertura o cierre de ventanas y puertas, manteniéndolo en suspensión y haciéndolo más peligroso que cuando está en reposo. Si hay combustión por chispas o llamas, el polvo puede conducir a una reacción de explosiones en cadena más peligrosas que el propio fuego.



Sistema de calefacción

1.3.3. ACABADO

- **Chorro de arena:** El chorro de arena (baja presión) estará confinado a una zona aislada y con buena salida. El personal llevará trajes protectores, guantes y prendas para cubrir la cabeza, la cara, el cuello y hombros. Las piezas a tratar estarán firmemente sujetas y mantenidas de tal manera que la atención del operario se fije solamente en la citada operación.

Los orificios y toberas, las juntas, mangueras y demás útiles se comprobarán diariamente para que se puedan reemplazar las piezas desgastadas antes de que ocurran fugas.

Todo el personal que opere con chorro de arena estará obligado a llevar caretas bajo su cubrecabezas. Además, dicho personal estará situado en la dirección del aire que entra y orientará el útil hacia el punto de extracción. Se pondrá mucho cuidado al manejar las piezas, particularmente las que no están bien recortadas, para evitar los cortes que producen los bordes agudos y los trozos que saltan durante la operación. Se llevarán en todo tiempo guantes con la palma de cuero.

- **Pintado por pulverizado:** Todos los pulverizados de tapaporos, lacas, esmaltes y resinas se efectuarán en un tipo apropiado de caseta de pulverizado a una velocidad mínima de 40m por minuto. Cualquier iluminación que se utilice en dicha caseta estará protegida de peligros y de vapores explosivos. Los materiales para el pulverizado deberán estar almacenados en una zona segura, lejos de todo peligro de fuego.

El personal llevará máscaras apropiadas y pulverizarán en la dirección de la corriente de aire. El jefe o jefa de equipo serán los responsables de la seguridad en el empleo de pinturas, diluyentes, etc.



Pintado a pistola de modelo

- **Lijado a mano y a máquina:** Las partes a lijar bien manualmente o con útiles móviles se colocarán junto a un ventilador de extracción o sistema de aspiración para alejar el polvo inmediatamente. Si es posible, el trabajo se realizará en húmedo. Esto elimina el polvo, y proporciona mejor acabado y mayor vida al

material utilizado para el lijado, papel, tejido, etc. Se situarán mangueras de aire sobre los útiles utilizados. Suficientes bocas de aire en la zona de acabado ahorra el tener esparcidas por el suelo gran número de mangueras. Las de distribución múltiple reducen en gran medida la posibilidad de accidente por caída a causa de las que se encontrarían por el suelo.



Lijado con máquina orbital



Diferentes tipos de taco de lijado

- **Ventiladores de extracción:** La zona dedicada enteramente a las operaciones de lijado debe estar adecuadamente ventilada. Esto se consigue con ventiladores o

sistemas de aspiración en la zona de acabado. Las necesidades variarán cuando cambien las tareas a realizar, pero junto a la zona de aplicaciones especiales se puede instalar un lugar para el tratamiento de piezas pequeñas y otro para las grandes.



Sistema de ventilación

- **Escalerillas y andamios:** El acabado de las grandes piezas requiere frecuentemente trabajar por encima del nivel del suelo. Además se necesita llevar herramientas y equipo de pulverizado. Si es posible se utilizarán andamiajes de peso ligero que se puedan disponer mediante módulos que permitan adaptarlos a cada trabajo. También forman parte del equipo escalerillas de vagonetas autoadaptables.

Las escalerillas serán adquiridas a los fabricantes que someten sus productos a códigos de seguridad para la construcción, cuidado y uso de las escalerillas. Estas serán inspeccionadas regularmente. Aquellas que no se puedan reparar se destruirán inmediatamente para evitar la tentación de usarlas en caso de emergencia.

Las que no se usen serán colgadas contra la pared con más de dos soportes para las grandes, evitando así su deformación. Se pueden colocar de canto sobre bastidores o enrolladas mejor que almacenadas horizontalmente. La base de las escalerillas portátiles será no deslizante para mayor seguridad. Estas bases se examinarán regularmente para averiguar el peligro y asegurar la efectividad.

El personal encargado de la inspección enseñará a los trabajadores y trabajadoras las siguientes prácticas de seguridad referente a las escalerillas:

- 1) Extender el escalón de la escalerilla totalmente antes de usarlo y asegurarse de que está bien fijo.
 - 2) No utilizar un escalón como tirante, plataforma o barra horizontal o para otros fines que no sean los que originalmente se persiguen. Las escalerillas cortas no se atarán juntas para prolongarlas en longitud.
 - 3) No se colocarán las escalerillas en puntos de paso obligado o en puertas de acceso.
 - 4) Usarlas como corresponde para cada tarea.
 - 5) No deslizarse o saltar sobre ellas.
 - 6) Llevar calzado apropiado, comprobar que las suelas de los zapatos están sin grasa ni compuestos pegajosos y que no están sueltos los cordones de los zapatos.
 - 7) Mantener las escalerillas limpias y libres de polvo y grasa por si ocultan defectos. Como la pintura esconde defectos, se recomienda un revestimiento de aceite de linaza.
- **Mangueras de aire:** Utilizar mangueras accionadas por el aire del compresor es una manera de ahorrar tiempo pero empleadas inapropiadamente pueden causar daños. Jugar con una manguera de aire es extremadamente peligroso. Se requieren solamente 0,28 kg/cm² para la rotura de una manguera. Puede perderse la audición por lanzar arena sobre los oídos; los ojos se ponen en peligro cuando se soplan trozos de plástico sobre ellos; las caras se desfiguran también por chorros a presión de grasa o suciedades.

Para prevenir los accidentes por aire comprimido se cuidará que:

- 1) Las mangueras sean fuertes y con conexiones seguras.
- 2) Que estén enrolladas en el correspondiente torno, asegurando así su conservación y la imposibilidad de tropezar con ellas peligrosamente.
- 3) Determinar los cometidos de cada persona que puede hacer uso del aire comprimido e insistir en el estricto cumplimiento de las instrucciones.
- 4) Proporcionar gafas de seguridad.
- 5) Enseñar al personal a respetar la potencia del aire comprimido. Emplear rótulos e indicaciones visuales, así como material formativo, evitando los

peligros del abuso o mal empleo. En las instrucciones al personal se incluirán las siguientes:

- a. Mientras funcione el compresor de aire, mantener sujeta la manguera por el extremo libre.
- b. No colocarla en el suelo mientras haya presión, porque puede azotar y golpear los alrededores.
- c. Estar seguros que está desconectada cuando no se emplea; esta precaución prolonga la vida de la manguera.
- d. Cerrar el aire antes de hacer en ella alguna reparación.
- e. No emplearla para sacudir el polvo de los cabellos o de la ropa de trabajo.
- f. Emplear gafas protectoras.
- g. No apuntar con la boquilla del aire a nadie; no jugar ni gastar bromas con ella.
- h. No emplearla para barrer el suelo.
- i. Inspeccionarla regularmente.
- j. No emplear aire comprimido para transferir aceites, compuestos químicos, etc., de bidones u otros recipientes.



Compresor de aire

1.4. SALA DE MÁQUINAS

En la industria de los plásticos reforzados se emplean básicamente tres máquinas en los procesos de transformación: compresor de aire, bomba de vacío y caldera de alta presión.

El compresor de aire y la bomba de vacío son de naturaleza rotativa y las ruedas giratorias y correas de transmisión deben estar protegidas adecuadamente. Las máquinas en servicio estarán instaladas en una habitación independiente y libre de polvo y suciedad. Las manejarán y cuidarán de su conservación el personal de servicio instruido para ello.

Las calderas de alta presión para cumplir con lo establecido y las reglamentaciones sobre seguridad, deben estar independientes en el local de las calderas.

Se realizarán inspecciones anuales para cerciorarse de que los sistemas, condiciones y controles de seguridad funcionan bien. No se permitirá nunca sobrecargar la caldera instalando encima grandes aparatos, controles y válvulas de seguridad para no exceder del margen de seguridad. Dicha maquinaria y el equipo con ella relacionado estará manejado y conservado por personal instruido.

2. HIGIENE Y MANEJO DE MATERIALES

La higiene en la industria es una parte del programa preventivo contra las enfermedades profesionales. Son muchos los beneficios intangibles que se obtienen, aparte del ahorro de dinero. Una persona que trabaja todo el día puliendo y lijando en una atmósfera de polvo, o que frecuentemente lava sus manos en acetona para disolver resinas, o que trabaja en una atmósfera cargada de disolventes puede aumentar indirectamente los costes de producción.

Antes de que se presenten los problemas, se debe acudir a especialistas en higiene en el trabajo y contestar a estas preguntas: ¿Cómo puede prevenirse las enfermedades profesionales? ¿Se manejan las materias primas cuidadosamente? ¿Hay personal expuesto a sustancias tóxicas? ¿Cómo pueden mejorarse las condiciones de trabajo?

Para contestar alguna de ellas es necesario revisar el posible peligro de toxicidad de las sustancias químicas más comunes en la industria de plásticos reforzados. A continuación se presenta un breve resumen.

2.1. MONÓMEROS

- **Resinas poliésteres:** Los productos finales de las resinas de poliéster polimerizadas se consideran inertes y no tóxicos pero la resina de poliéster antes de polimerizar

presentan una serie de peligros para la salud. El rotulo de peligro que las debe acompañar es:



Las indicaciones de peligro son:

- ✓ Categoría 4: H332 - Nocivo en caso de inhalación
- ✓ Categoría 2: H319 - Provoca irritación ocular grave
- ✓ Categoría 3: H226 - Líquidos y vapores inflamables
- ✓ Categoría 2: H361 - Se sospecha que puede perjudicar la fertilidad o dañar el feto
- ✓ Categoría 2: H315 - Provoca irritación cutánea
- ✓ Categoría 1: H372 - Provoca daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas

➤ **Estireno:** El rotulo de peligro que se debe identificar es:



Las indicaciones de peligro son:

- ✓ Categoría 4: H332 - Nocivo en caso de inhalación
- ✓ Categoría 2: H319 - Provoca irritación ocular grave
- ✓ Categoría 3: H226 - Líquidos y vapores inflamables
- ✓ Categoría 2: H315 - Provoca irritación cutánea

➤ **Medidas generales de seguridad e higiene en el ambiente de trabajo:** Para la manipulación de estos productos se deberá tener en cuenta:

A. Se recomienda la extracción localizada en la zona de trabajo como medida de protección colectiva para evitar sobrepasar los límites de exposición profesional.

B. Protección respiratoria:

| Pictograma PRL | EPI | Marcado | Normas CEN | Observaciones |
|---|--|---|---------------------|---|
|  Protección obligatoria de las vías respiratorias | Máscara autofiltrante para gases y vapores |  | EN 405:2001+A1:2009 | Reemplazar cuando se detecte olor o sabor del contaminante en el interior de la máscara o adaptador facial. Cuando el contaminante no tiene buenas propiedades de aviso, se recomienda el uso de equipos aislantes. |

C. Protección específica de las manos

| Pictograma PRL | EPI | Marcado | Normas CEN | Observaciones |
|--|-------------------------------|---|---|---|
|  Protección obligatoria de las manos | Guantes de protección química |  | EN 374-1:2003 EN 374-3:2003/AC:2006 EN 420:2003+A1:2009 | Reemplazar los guantes ante cualquier indicio de deterioro. |

D. Protección ocular y facial

| Pictograma PRL | EPI | Marcado | Normas CEN | Observaciones |
|--|--|---|--|--|
|  Protección obligatoria de la cara | Gafas panorámicas contra salpicaduras y/o proyecciones |  | EN 166:2001 EN 172:1994/A1:2000 EN 172:1994/A2:2001 EN 165:2005 | Limpiar a diario y desinfectar periódicamente de acuerdo a las instrucciones del fabricante. |

E. Protección corporal

| Pictograma PRL | EPI | Marcado | Normas CEN | Observaciones |
|---|---|---|--|---|
|  Protección obligatoria del cuerpo | Prenda de protección antiestática e ignífuga |  | EN 1149-1:2006 EN 1149-2:1997 EN 1149-3:2004 EN 168:2001 EN ISO 14116:2008/AC:2009 EN 1149-5:2008 | Protección limitada frente a llama. |
|  Protección obligatoria de los pies | Calzado de seguridad con propiedades antiestáticas y resistencia al calor |  | EN 13287:2007 EN ISO 20345:2011 EN ISO 20344:2011 | Reemplazar las botas ante cualquier indicio de deterioro. |

F. Medidas complementarias de emergencia

| Medida de emergencia | Normas | Medida de emergencia | Normas |
|--|--------------------------------|--|-------------------------------|
|  Ducha de emergencia | ANSI Z358-1 ISO 3864-1:2002 |  Lavaojos | DIN 12 899 ISO 3864-1:2002 |

- **Controles de la exposición del medio ambiente.** En virtud de la legislación de protección del medio ambiente se recomienda evitar el vertido tanto del producto como de su envase al medio ambiente

2.2. CATALIZADORES

- **Peróxido de benzoilo.** El rotulo de peligro que se debe identificar es:



Las indicaciones de peligro son:

- ✓ Tipo C: H242 – Peligro de incendio en caso de calentamiento
- ✓ Categoría 1: H317 – Puede provocar una reacción alérgica en la piel
- ✓ Categoría 2: H319 - Provoca irritación ocular grave



Probeta graduada para catalización

- **Peróxido de MEK.** El rotulo de peligro que se debe identificar es:



Las indicaciones de peligro son:

- ✓ Categoría 4: H332 - Nocivo en caso de inhalación
 - ✓ Categoría 4: H302 - Nocivo en caso de ingestión
 - ✓ Categoría 2: H272 - Puede agravar un incendio, comburente
 - ✓ Categoría 1B: H314 - Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves
- **Medidas generales de seguridad e higiene en el ambiente de trabajo:** Para la manipulación de estos productos se deberá tener en cuenta:
- A.** Se recomienda la extracción localizada en la zona de trabajo como medida de protección colectiva para evitar sobrepasar los límites de exposición profesional.

B. Protección respiratoria:

| Pictograma PRL | EPI | Marcado | Normas CEN | Observaciones |
|---|--|---|---------------------|---|
|  Protección obligatoria de las vías respiratorias | Máscara autofiltrante para gases y vapores |  | EN 405:2001+A1:2009 | Reemplazar cuando se detecte olor o sabor del contaminante en el interior de la máscara o adaptador facial. Cuando el contaminante no tiene buenas propiedades de aviso, se recomienda el uso de equipos aislantes. |

C. Protección específica de las manos

| Pictograma PRL | EPI | Marcado | Normas CEN | Observaciones |
|--|--|---|---|---|
|  Protección obligatoria de las manos | Guantes NO desechables de protección química |  | EN 374-1:2003 EN 374-3:2003/AC:2006 EN 420:2003+A1:2009 | El tiempo de paso (Breakthrough Time) indicado por el fabricante ha de ser superior al del tiempo de uso del producto. No emplear cremas protectoras después del contacto del producto con la piel. |

D. Protección ocular y facial

| Pictograma PRL | EPI | Marcado | Normas CEN | Observaciones |
|--|-----------------|---|--|--|
|  Protección obligatoria de la cara | Pantalla facial |  | EN 166:2001 EN 167:2001 EN 168:2001 EN 172:1994/A1:2000 EN 172:1994/A2:2001 EN 165:2005 | Limpiar a diario y desinfectar periódicamente de acuerdo a las instrucciones del fabricante. |

E. Protección corporal

| Pictograma PRL | EPI | Marcado | Normas CEN | Observaciones |
|---|--|---|---|---|
|  Protección obligatoria del cuerpo | Prenda de protección frente a riesgos químicos |  | EN 13034:2005+A1:2009 EN 168:2001 EN ISO 139821:2004/A1:2010 EN ISO 6529:2001 EN ISO 6530:2005 EN 464:1994 | Uso exclusivo en el trabajo. Limpiar periódicamente de acuerdo a las instrucciones del fabricante |
|  Protección obligatoria de los pies | Calzado de seguridad contra riesgo químico |  | EN ISO 20345:2011 EN 13832-1:2006 EN ISO 20344:2011 | Reemplazar las botas ante cualquier indicio de deterioro. |

F. Medidas complementarias de emergencia

| Medida de emergencia | Normas | Medida de emergencia | Normas |
|--|--------------------------------|--|-------------------------------|
|  Ducha de emergencia | ANSI Z358-1 ISO 3864-1:2002 |  Lavaojos | DIN 12 899 ISO 3864-1:2002 |

- **Controles de la exposición del medio ambiente.** En virtud de la legislación de protección del medio ambiente se recomienda evitar el vertido tanto del producto como de su envase al medio ambiente

2.3. INICIADORES

- **Naftenato de cobalto-oleato de cobalto:** El naftenato de cobalto y el oleato pueden tener una acción desengrasante sobre la piel.
 - Está indicado el uso de guantes de goma.
 - El metal cobalto está presente en muy pequeña cantidad.
 - Debido al alto grado de absorción por la piel humana de iniciadores y catalizadores químicos, se observaron serias quemaduras subcutáneas contraídas por los trabajadores cuando manejaban recipientes con naftenato de cobalto. Los extremos de los dedos se arrugan y decoloran, siendo necesario un largo período de recuperación.

2.4. PIGMENTOS

Hay muchos pigmentos para la industria de los plásticos. Generalmente pueden clasificarse en pigmentos orgánicos y pigmentos inorgánicos.

- Los **pigmentos orgánicos** son considerablemente menos peligrosos que los compuestos inorgánicos.
- Los **pigmentos inorgánicos** son generalmente sales de metales pesados. Estos compuestos son tóxicos cuando se ingieren e inhalan. No se absorben a través de la piel, pero los constituidos por cromatos se sabe que producen dermatitis.

El contenido de pigmentos en resinas y plásticos raramente excede del 1% en peso y corrientemente es menos del 0,5 al 1%. Los pigmentos pueden contener sulfuro de cadmio, seleniuro de cadmio, sulfuro de mercurio o sales de antimonio, todas las cuales son tóxicas.

2.5. CARGAS REFORZANTES

- **Fibra de vidrio:** Las fibras de vidrio empleadas en la industria de los plásticos reforzados han sido objeto de considerable investigación desde el punto de vista de su efecto sobre quienes trabajan con dicho material.

- Pueden producir alguna irritación de la piel en el personal que lo maneja.
- Los fabricantes de fibra de vidrio sugieren que los trabajadores y las trabajadoras lleven ropa de trabajo adecuada para su uso.
- Se recomienda que el personal se lave completamente al final del trabajo de cada día empleando mucha agua caliente y jabón. El jabón y el agua son efectivos para la separación de las partículas de la piel.
- Es importante también que los trajes de trabajo sean frecuentemente lavados y que los trabajadores y las trabajadoras se pongan los trajes de calle al final de cada día de trabajo.

2.6. CARGAS MINERALES

- ✓ **Sílice:** La sílice produce una invasión masiva de los tejidos pulmonares después de una prolongada inhalación, resultando una enfermedad llamada silicosis. La velocidad de desarrollo de la silicosis depende de la composición del polvo inhalado, del número y tamaño de partículas inhaladas y del período de tiempo durante el que se han inhalado las partículas.
 - No solamente se manejarán las cargas de sílice pulverizada con mucho cuidado, sino también las partículas inferiores a una micra empleadas como agentes isotrópicos, porque son transportadas por el aire y presentan a veces extremado peligro de silicosis, donde es obligada la exposición continua.
 - El polvo de sílice debe ser ventilado y todo el personal que maneje polvo de sílice debe usar un equipo de respiración adecuado.
- ✓ **Arcilla.** Las arcillas empleadas como cargas son principalmente silicatos y contienen relativamente pequeñas cantidades de sílice libre, corrientemente menos del 5%, y se consideran como polvos molestos que tienen un límite permisible en atmósfera de 50 millones de partículas por 28,5 dm³ de aire.
- ✓ **Talco.** El límite máximo permisible para polvos de talco en atmósfera industrial es de 10 millones por 28,3 dm³ de aire en las 8 horas diarias de trabajo.

2.7. DISOLVENTES

- **Acetona.** La acetona es moderadamente tóxica y fuerte como narcótico. El

rotulo de peligro que se debe identificar es:



Las indicaciones de peligro son:

- ✓ Categoría 2: H319 - Provoca irritación ocular grave
- ✓ Categoría 2: H225 - Líquido y vapores muy inflamables STOT SE
- ✓ Categoría 3: H336 - Puede provocar somnolencia o vértigo



Depósito de 25 litros de Acetona

- **Tolueno.** El tolueno es irritante para la piel, pero su mayor peligro es la inhalación de los vapores. El rotulo de peligro que se debe identificar es:



Las indicaciones de peligro son:

- ✓ Categoría 1: H304 - Puede ser mortal en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias
 - ✓ Categoría 2: H225 - Líquido y vapores muy inflamables
 - ✓ Categoría 2: H361d - Se sospecha que daña al feto
 - ✓ Categoría 2: H315 - Provoca irritación cutánea
 - ✓ Categoría 2: H373 - Puede provocar daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas
 - ✓ Categoría 3: H336 - Puede provocar somnolencia o vértigo
- **Medidas generales de seguridad e higiene en el ambiente de trabajo:** Para la manipulación de estos productos se deberá tener en cuenta:
- A.** Se recomienda la extracción localizada en la zona de trabajo como medida de protección colectiva para evitar sobrepasar los límites de exposición profesional.
- B.** Protección respiratoria:

| Pictograma PRL | EPI | Marcado | Normas CEN | Observaciones |
|---|--|---|---------------------|---|
|  Protección obligatoria de las vías respiratorias | Máscara autofiltrante para gases y vapores |  | EN 405:2001+A1:2009 | Reemplazar cuando se detecte olor o sabor del contaminante en el interior de la máscara o adaptador facial. Cuando el contaminante no tiene buenas propiedades de aviso, se recomienda el uso de equipos aislantes. |

C. Protección específica de las manos

| Pictograma PRL | EPI | Marcado | Normas CEN | Observaciones |
|--|--|---|---|---|
|  Protección obligatoria de las manos | Guantes NO desechables de protección química |  | EN 374-1:2003 EN 374-3:2003/AC:2006 EN 420:2003+A1:2009 | El tiempo de paso (Breakthrough Time) indicado por el fabricante ha de ser superior al del tiempo de uso del producto. No emplear cremas protectoras después del contacto del producto con la piel. |

D. Protección ocular y facial

| Pictograma PRL | EPI | Marcado | Normas CEN | Observaciones |
|--|-----------------|---|--|--|
|  Protección obligatoria de la cara | Pantalla facial |  | EN 166:2001 EN 167:2001 EN 168:2001 EN 172:1994/A1:2000 EN 172:1994/A2:2001 EN 165:2005 | Limpiar a diario y desinfectar periódicamente de acuerdo a las instrucciones del fabricante. |

E. Protección corporal

| Pictograma PRL | EPI | Marcado | Normas CEN | Observaciones |
|---|---|---|--|---|
|  Protección obligatoria del cuerpo | Prenda de protección antiestática e ignífuga |  | EN 1149-1:2006 EN 1149-2:1997 EN 1149-3:2004 EN 168:2001 EN ISO 14116:2008/AC:2009 EN 1149-5:2008 | Protección limitada frente a llama. |
|  Protección obligatoria de los pies | Calzado de seguridad con propiedades antiestáticas y resistencia al calor |  | EN 13287:2007 EN ISO 20345:2011 EN ISO 20344:2011 | Reemplazar las botas ante cualquier indicio de deterioro. |

F. Medidas complementarias de emergencia

| Medida de emergencia | Normas | Medida de emergencia | Normas |
|--|--------------------------------|---|-------------------------------|
|  Ducha de emergencia | ANSI Z358-1 ISO 3864-1:2002 |  Lavajojos | DIN 12 899 ISO 3864-1:2002 |

- **Controles de la exposición del medio ambiente.** En virtud de la legislación de protección del medio ambiente se recomienda evitar el vertido tanto del producto como de su envase al medio ambiente

Nombrar a responsables de las condiciones de seguridad en que se desarrolla el trabajo, es una buena medida. Un botiquín de primeros auxilios colgado en las paredes de la fábrica no es suficiente para sustituir una planificación preventiva antes de que ocurra la enfermedad.

Es necesario establecerse conjuntamente **un programa preventivo** y continuado para el manejo de los materiales existentes o proponer otros nuevos, así como estudiar nuevas técnicas de producción y equipo.

El control que debe llevarse para evitar posibles enfermedades profesionales es doble, por una parte, **control del ambiente y por otra, de los hábitos de los trabajadores y las trabajadoras.** El programa de sensibilización de los trabajadores y las trabajadoras sobre higiene personal debe resaltar que se lleven los EPIs adecuados cuando así se requiera, y aportar la correspondiente información sobre útiles cortantes, punzantes, abrasivos o irritantes de la piel.

En la mayoría de las fábricas, **la posible fuente de peligros más importante es el local de mezclado;** esas zonas deberán estar situadas en los sitios más apropiados de la fábrica. Se considera importante que los locales de mezclado estén aislados de las otras zonas de producción.

Una práctica común por parte de los trabajadores y las trabajadoras es limpiar las manos de resina seca y otros compuestos con frecuentes lavados en acetona. Esto conduce a la dermatitis consiguiente, seguida algunas veces de infección por la posibilidad de la acetona de desengrasar y secar la piel.

En la mayoría de las operaciones de moldeo, el pesado y la aplicación de la resina puede efectuarse sin ponerla en contacto con la piel. El llevar los guantes puestos no parece ser inconveniente para estos procesos. Manipular la resina empleando una medida con un útil apropiado o con un cazo de metal o incluso un cucurucho de papel, se puede conseguir si el operario está cuidadosamente instruido. Deben evitarse los disolventes en grandes cantidades para limpiar los moldes, limitando así su contacto con la piel, la inhalación de los vapores e irritación de los ojos.

Se pueden emplear guantes de algodón o de cuero ligero para manejar fibras de vidrio, pudiendo llevar los empleados ropa de trabajo cerradas.

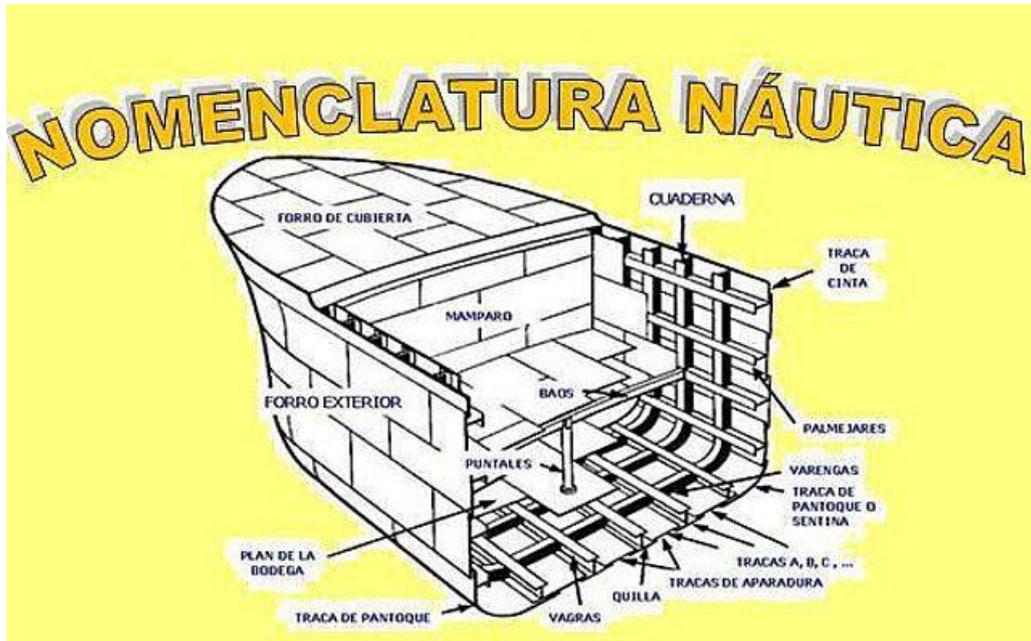
Se aconseja un pormenorizado **estudio e instalación de ventilación y extracción mecánica en el punto de formación de los vapores o el polvo**. El personal especialista en higiene industrial puede aclarar consultas en esta materia. Con la ventilación para la extracción del polvo o los vapores en los lugares donde se producen, el polvo deja de ser un factor importante en el ambiente general de la fábrica y no es impulsado a las zonas donde respiran los obreros, como ocurre en los casos de ventilación general de edificios en que la extracción se realiza a nivel del techo.

El polvo procedente del serrado en seco, lijado, pulido, taladrado o mezclado se puede llevar a recipientes tipo saco o a colectores de polvo. El empleo cuando es posible de métodos húmedos evita el polvo. **Llevar mascarillas es mejor que inhalar el polvo, pero nunca se considerará que esta medida pueda sustituir a un buen control del mismo.**

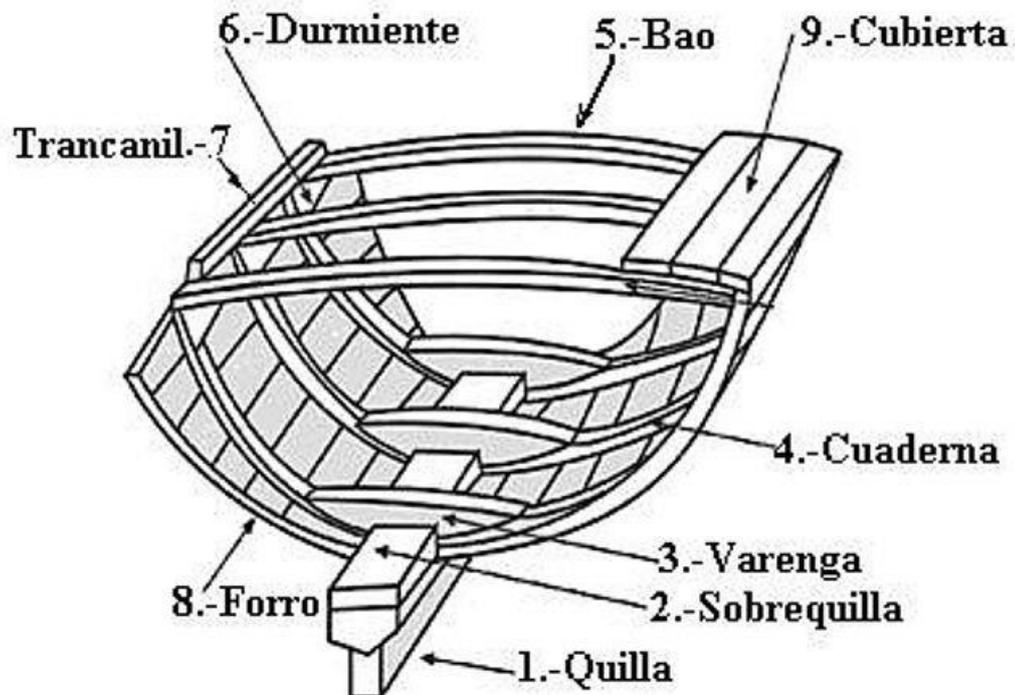
Es de esperar que estas notas sirvan de ayuda en la industria de los plásticos reforzados para considerar el ambiente de trabajo de los obreros desde el punto de vista de la prevención de enfermedades y continuidad de la producción. Un buen programa de higiene en la industria proporciona buenos dividendos al conseguir mantener entre sus trabajadores y trabajadoras una buena salud.



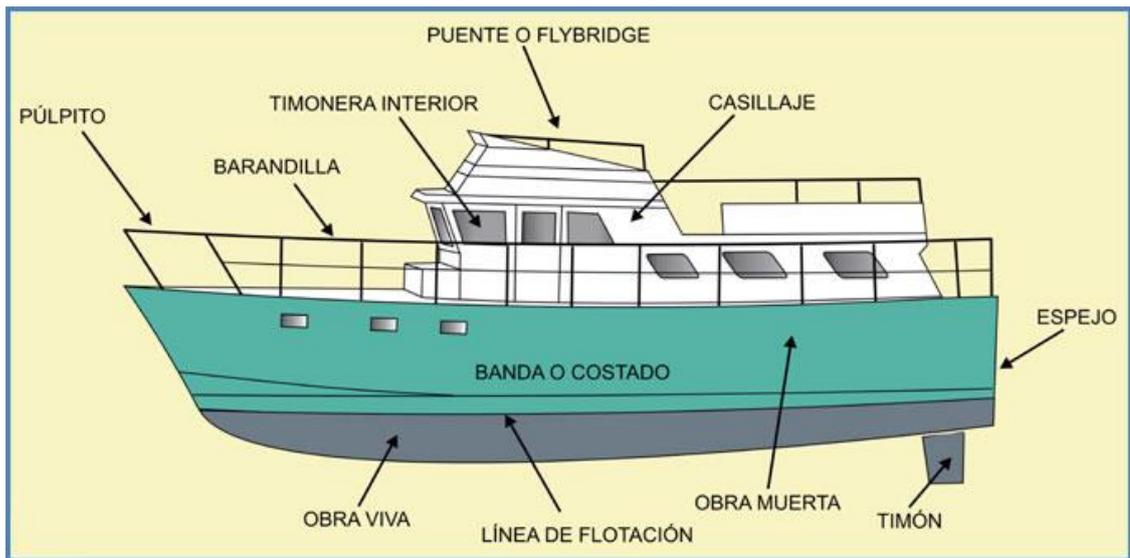
ANEXO 1: NOMENCLATURA Náutica



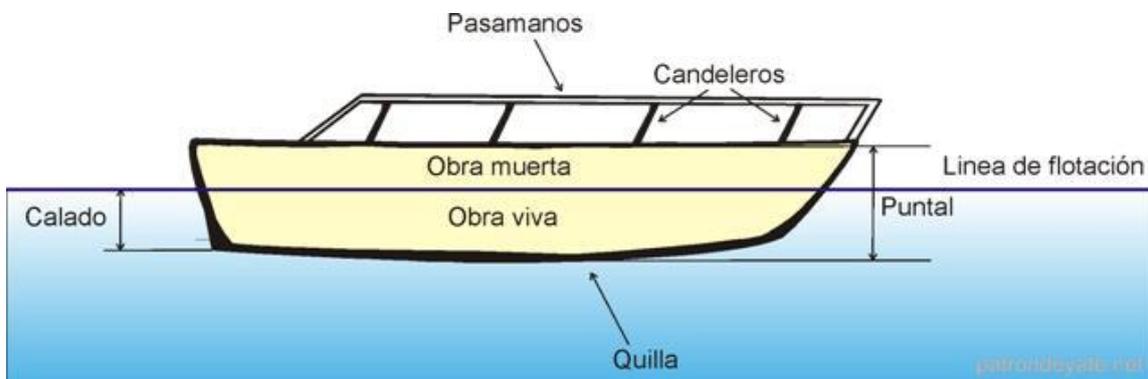
Fuente: nauf.blogcindario.com



Fuente: pinterest.es



Fuente: Internet



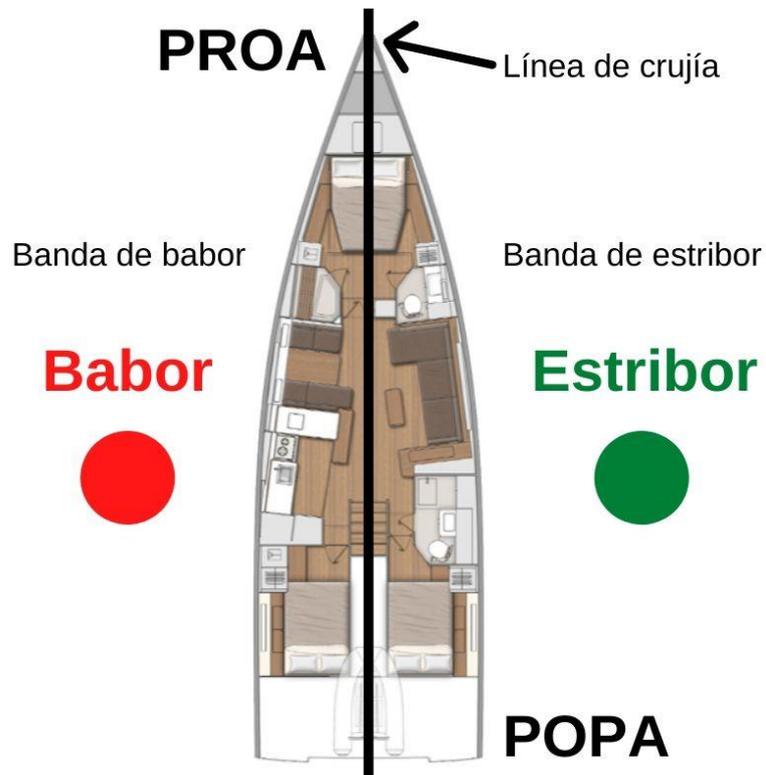
Fuente: patrondeyate.net



VISTA DE
COSTADO



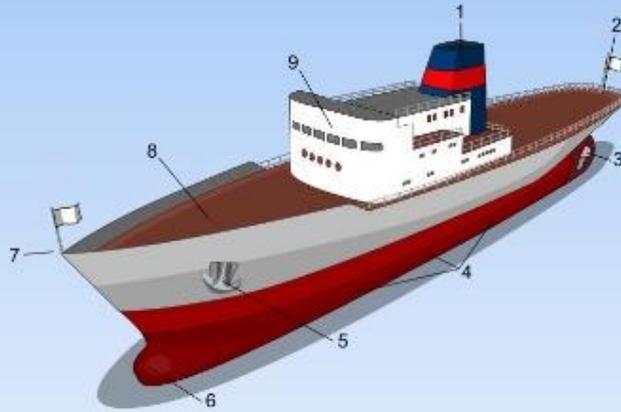
Fuente: armada15001900.net



Fuente: cosasdebarcos.com



Partes de un Barco



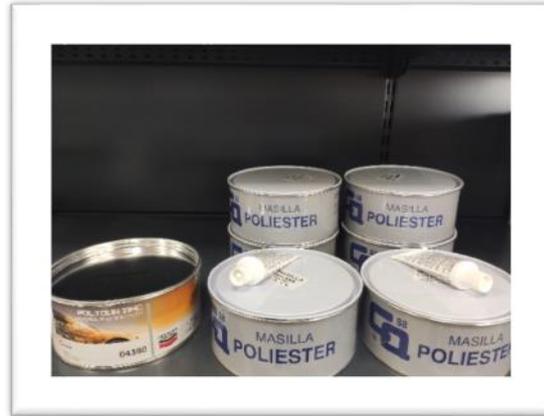
- 1.- Chimenea
- 2.- Popa
- 3.- Helice
- 4.- Obra Viva
- 5.- Ancla
- 6.- Bulbo de Proa
- 7.- Proa
- 8.- Cubierta
- 9.- Superestructura

Fuente: [Pinterest.com.mx](https://www.pinterest.com.mx)

ANEXO 2: MATERIALES ESPECÍFICOS DE COMPOSITES



Cera desmoldeante



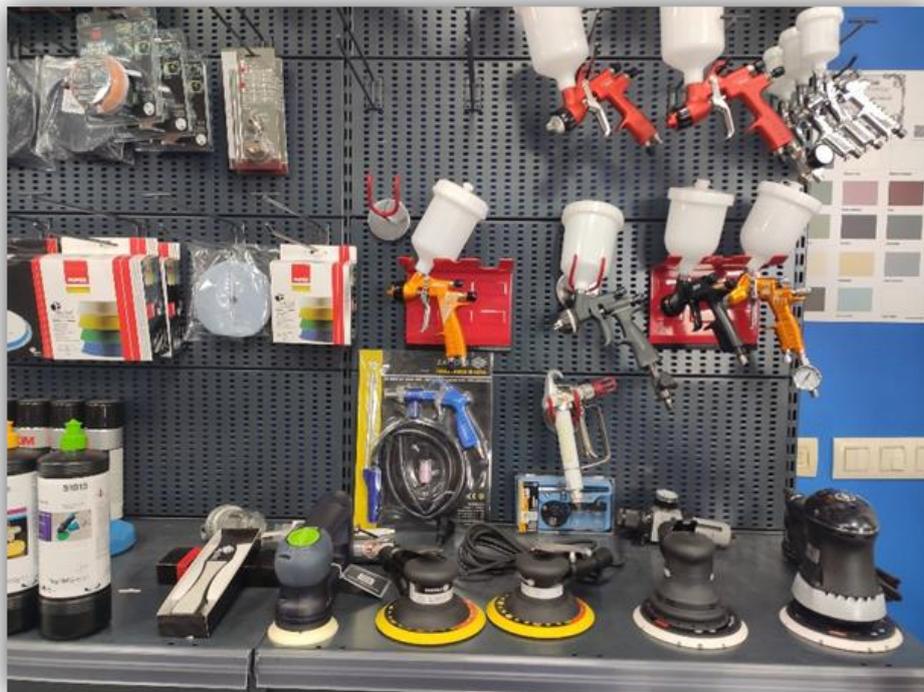
Pastas carroceras con catalizador sólido



Recipientes de 25 litros de Gel Coat



Recipientes de 25 litros de estireno parafinado



Diferentes tipos de pistolas y máquinas de lijado



Diferentes tipos de rodillos antiburbujas metálicos



Recambios de rodillos



Distintos tipos de compresores



Maquinaria utilizada para trabajo con composites



Pistola y filtro



Mesa de corte para fibra de vidrio



Núcleo de PVC con superficie de velo



Núcleo en PVC laminado



Planchas de poliuretano de 4 cms.

ANEXO 3: ANEXOS PARA EMBARCACIONES



Consola de mando



Pieza de consola fabricada con molde partido

ANEXO 4: CONSTRUCCIÓN EMBARCACIONES



Impregnación primera capa con fibra de vidrio de 300 gr.



Laminación de refuerzos



Refuerzos en popa con poliuretano



Refuerzos para espejo de popa con chapa marina