

RESTAURACION Y REPARACION DE EMBARCACIONES DE MADERA

www.westsystem.net



PINMAR

Distribuidor Exclusivo para
España y Portugal
de West System

www.pinmar.com

pinmar@pinmar.com

Restauración y Reparación de Embarcaciones de Madera

Una guía para restaurar la estructura, mejorar el aspecto, reducir el mantenimiento y prolongar la vida de las embarcaciones de madera con los epoxis de la marca WEST SYSTEM.

Catálogo Número 002-970

Derechos de Gougeon Brothers, Inc., agosto de 1996.

Reservados todos los derechos. Prohibida la reproducción parcial o total del presente manual por cualquier medio, oral o escrito, salvo con expresa aprobación por escrito del editor.

La información contenida en este manual es, a nuestro entender, la mejor y más apropiada, pero no podemos garantizar su exactitud a la luz de nuevos descubrimientos. Debido a que Gougeon Brothers Inc. no puede controlar el correcto uso de los productos WEST SYSTEM que obran en poder del cliente, no garantiza el rendimiento de los mismos en aplicaciones concretas. Gougeon Brothers Inc. no será responsable, bajo ninguna circunstancia, de daños accidentales o de los que resulten como consecuencia de éstos.

WEST SYSTEM y Gougeon Brothers son marcas registradas y Microlight y Episize son marcas registradas por Gougeon Brothers Inc. , Bay City, Michigan, U.S.A

ISBN 1-978207-14-8

Índice de Materias

Sección 1: Introducción	5
1.1 Estudio de viabilidad de la reparación o la restauración	7
1.1.1 Diferenciar entre reparación y restauración	7
1.1.2 Determinación del compromiso necesario	7
1.2 El por qué de los fallos de embarcaciones de madera	9
1.2.1 Pérdida de rigidez	9
1.2.2 Podredumbre seca	10
1.3 El epoxi WEST SYSTEM para reparar barcos de madera	11
1.4 Elementos clave en la reparación y la restauración	12
1.4.1 Encolado para rigidez	12
1.4.2 Recubrimiento para una protección contra la humedad	13
1.4.3 Ventilación para una larga vida	14
Sección 2	15
2.1 Conocer la Estructura	15
2.1.1 El armazón estructural	15
2.1.2 El revestimiento	17
2.2 Inspección y localización de áreas dañadas	19
Sección 3	22
3.1 Seguridad	22
3.1.1 Instrucciones de seguridad	22
3.2 Productos Epoxi	24
3.2.1 Resina	24
3.2.2 Endurecedores con una proporción de mezcla de 5 a 1	24
3.2.3 Endurecedores con una proporción de mezcla de 3 a 1	24
3.2.4 Aditivos	25
3.3 Manejo del Epoxi	27
3.3.1 Dosificación	27
3.3.2 Mezclado	28
3.3.3 Tiempo de Curado	29
3.3.4 Control del tiempo de curado	30
3.3.5 Limpieza	31
3.4 Técnicas Básicas	32
3.4.1 Preparación de la Superficie	32
3.4.2 Encolado	33
3.4.3 Encolado con fileteado	36
3.4.4 Laminado	37
3.4.5 Enmasillado	38
3.4.6 Aplicación de tejidos y cintas	39
3.4.7 Recubrimiento final de epoxi	42
3.4.8 Acabado	44
Sección 4	46
4.1 Extraer y rellenar	46
4.1.1 Rellenar con epoxi	47
4.1.2 Rellenar con madera	47
4.2 Taladrar y rellenar	48
4.2.1 Diluir epoxi	49
4.3 Refuerzo	50
Sección 5	51
5.1 Laminación de baos, cuadernas y rodas	51
5.1.1 Laminado en una plantilla	52
5.1.2 Laminación de cuadernas in situ	54
5.2 Extracción y sustitución de cuadernas	54
5.3 Extracción y sustitución de una sección dañada	55
5.4 Instalación de cuadernas suplementadas o dobles	56
5.5 Reparaciones de juntas	57
5.6 Reparación de la tabla de aparadura o pelaya	58
5.6.1 Reparación de varengas	59
5.6.2 Reposición de las tablas de aparadura	60
5.7 Reparación de la quilla	61
5.7.1 Reparación de los pernos de la quilla	62
Sección 6	64
6.1 Cascos y cubiertas con tablas a tope	64
6.1.1 Limpieza de las costuras	65

6.1.2 Relleno de costuras con madera	66
6.1.3 Relleno de costuras con epoxi	68
6.1.4 Reparación in situ de tablas dañadas.....	68
6.1.5 Doble forro.....	70
6.1.6 Reparación de Cubiertas de tabla machihembrada	71
6.2. Cascos en Tingladillo (Tracas en Solape).....	71
6.3 Contrachapado.....	73
6.3.1 Reconstrucción de una junta de contrachapado	73
6.3.2 Sustitución de secciones de contrachapado dañado.....	75
6.3.3 Reparación/instalación de contrachapado	76
6.3.4 Aplicación de contrachapado sobre recubrimientos existentes	78
6.4 Reparaciones con chapas moldeadas o laminadas.....	79
6.4.1 Laminar un parche curvado en su posición.....	80
6.4.2 Laminar un parche fuera del área dañada	81
6.4.3 Laminar un nuevo recubrimiento sobre un viejo recubrimiento exterior.....	82
6.5 Instalación de una cubierta con chapas de teca.....	83
Sección 7	86
7.1 Encolado de elementos de fijación	86
7.2 Encolado de accesorios	87
7.3 Bases moldeadas de epoxi para accesorios	88
7.4 Accesorios desmontables.....	90
7.5 Extracción de accesorios encolados	91
Sección 8	92
8.1. Luz solar y recubrimientos de protección	92
8.2 Aplicación de las capas epoxídicas de acabado	94
8.3 Aplicación de recubrimientos transparentes.....	95
8.4 Pintura	96
8.4.1 Imprimadores.....	96
8.5 Reparación de abolladuras y grietas.....	97
8.6 Ventilación para prolongar la vida de la embarcación	98

Sección 1: Introducción

Durante los últimos veinte años el epoxi ha provocado una revolución en la construcción de embarcaciones. La madera es, una vez más, el material de construcción primario para muchas de las embarcaciones más rápidas y duraderas de hoy en día, tanto a vela como a motor. Muchas de las técnicas de la construcción en madera/epoxi que han logrado tanto éxito para las modernas embarcaciones de madera pueden también utilizarse con excelentes resultados en la reparación de embarcaciones de madera más antiguas. El manual **RESTAURACION Y REPARACION DE EMBARCACIONES DE MADERA** explica estas técnicas con el respaldo de años de prueba, y la experiencia tanto de Gougeon Brothers Inc. como la de muchos constructores individuales. Este manual no ofrece reparaciones baratas, fáciles o rápidas, porque estas no suelen resultar satisfactorias. No obstante, sí ofrece información fiable y detallada sobre la restauración y la reparación que abarca desde la nueva instalación de una cornamusa hasta el encolado total de la embarcación.

Durante muchos años, el equipo técnico de Wessex Resins/Pinmar SA ha ayudado a sus clientes a resolver sus problemas de reparación y restauración. Todas las consultas deben responder a la siguiente serie de preguntas básicas:

- ¿Cuál es el tipo de construcción de la embarcación?
- ¿En qué estado se encuentra la embarcación?
- ¿Qué se pretende obtener? ¿Una reparación rápida, una restauración completa o algo intermedio?
- ¿Se dispone del tiempo y los recursos necesarios para poder obtener el resultado deseado?
- ¿La construcción con madera y epoxi es la mejor solución al problema?
- ¿Cómo se puede utilizar la combinación madera/epoxi para que la reparación sea efectiva?

De acuerdo con las respuestas a estas preguntas, intentaremos formular con el cliente un plan de acción y determinaremos la manera en que la combinación madera/ epoxi y los productos WEST SYSTEM pueden ser utilizados. Algunas de las preguntas pueden ser relativamente fáciles: ¿Cuál es el tipo de construcción de la embarcación? ¿Cuál es el problema? Otras preguntas pueden ser más difíciles de responder: ¿Qué compromisos hay que asumir para la reparación de la embarcación? Naturalmente, cuanto más grande sea la embarcación, mayor será la reparación o se necesitará una restauración más a fondo y, por consiguiente, más importancia tiene la pregunta. Cada pregunta debe ser considerada con cuidado antes de contraer un compromiso. El verdadero trabajo de reparación o restauración sólo debe comenzar una vez obtenidas respuestas razonables a todas las preguntas. Un análisis detallado de estas preguntas y quizás un repaso de este manual y de lo que la reparación implica, ayudarán en la decisión de comprar o no una embarcación antigua de madera que requiera una reparación.

Utilización del manual

LA RESTAURACION Y REPARACION DE EMBARCACIONES DE MADERA aborda un proyecto de reparación en varias fases.

La sección 1.0 proporciona las directrices que permiten evaluar si es factible reparar y restaurar. También presenta en términos generales los problemas que normalmente encontramos en embarcaciones de madera y explica los usos principales del epoxi en las reparaciones.

La sección 2.0 explica cómo se determina la solidez de la estructura y cómo se localizan las áreas dañadas.

La sección 3.0 define las técnicas fundamentales para utilizar con éxito los productos epoxi WEST SYSTEM en las reparaciones de embarcaciones de madera. Estas técnicas incluyen la preparación de la superficie, el encolado, el laminado, el perfilado, la aplicación de tejidos y cintas, el recubrimiento final y el acabado. Es importante realizar una lectura a fondo de esta sección antes de comenzar cualquiera de las reparaciones que se tratarán en las secciones siguientes.

Las secciones 4.0, 5.0, 6.0 y 7.0 contienen procedimientos detallados para la mayoría de reparaciones habituales.

La sección 8.0 trata de la protección contra la luz ultravioleta y de cómo efectuar el acabado y el mantenimiento de las embarcaciones de madera.

Siguiendo los procedimientos descritos en LA RESTAURACION Y REPARACION DE EMBARCACIONES DE MADERA, cualquier aficionado podrá restablecer las prestaciones originales de la estructura de una embarcación, reducir la flexión y protegerla contra la humedad. Los procedimientos de este manual aseguran reparaciones integrales y duraderas en embarcaciones y otras estructuras de madera.

1.1 Estudio de viabilidad de la reparación o la restauración

Los métodos de reparación de este manual ofrecen soluciones prácticas a los problemas estructurales de embarcaciones de madera que están al alcance del aficionado. Sin embargo, antes de lanzarse a una operación de reconstrucción de gran envergadura, es importante determinar el compromiso adquirido y el método de reparación conjuntamente con el dinero disponible para el proyecto.

1.1.1 Diferenciar entre reparación y restauración

¿Qué es lo que se quiere? ¿Una restauración fiel de la embarcación, una reparación para recuperar su funcionamiento óptimo y devolverle su belleza natural o ponerle unos parches y botarla lo más rápidamente posible?

Reparación significa arreglar piezas rotas, rellenar agujeros causados por impactos o por la humedad, reforzar los puntos débiles o apretar las piezas sueltas. Si el objetivo final es la reparación, el epoxi no es el único material disponible. Sin embargo, lo que se debe considerar es el efecto de una reparación sobre la estructura global. Por ejemplo, el encolado de una tabla con epoxi puede causar una gran rigidez local en lo que es una estructura flexible. En algunos casos, sería mejor reparar la embarcación de la misma manera en que fue construida en vez de usar técnicas de encolado y de construcción diferentes.

Restauración significa devolver la embarcación a su estado original (o mejorarlo). Para restaurar una embarcación con éxito, es necesario elaborar un plan general de la restauración y utilizar, en la reconstrucción, métodos acordes con los de la construcción original. Cualquier tipo de restauración constituye un proyecto de envergadura que requiere mucho tiempo, dedicación y una planificación esmerada.

Es importante establecer el nivel de reparación que es adecuado para el proyecto en cuestión. En teoría, no hay embarcación que no pueda ser restaurada; en la realidad es esencial llevar a cabo una evaluación minuciosa de la solidez de la estructura y del tiempo y coste necesarios para la reparación. Si sólo se cuenta con una experiencia limitada en la reconstrucción, se recomienda recurrir a un asesor antes de entrar demasiado a fondo en el proyecto.

1.1.2 Determinación del compromiso necesario

Entre los factores que hay que analizar para determinar el grado de compromiso necesario para efectuar la reparación o la restauración, están:

Tiempo y recursos

Muchas personas han sentido el impulso romántico de llevar a cabo proyectos de restauración y luego no han conseguido convertir su sueño en realidad. Otras, han iniciado proyectos que requerían unos compromisos económicos y temporales más allá de sus posibilidades y se vieron forzadas a abandonar el proyecto. Es necesario llevar a cabo una valoración a fondo del dinero y del tiempo que se pueden dedicar. Por ejemplo, hay que tener en cuenta la posibilidad de restaurar áreas específicas de la embarcación en años distintos repartiéndose de esta manera el trabajo y el coste.

Valor histórico

Si la restauración en cuestión se refiere a una embarcación muy antigua, se debe investigar su historial para determinar si tiene valor histórico o para coleccionistas. Si la embarcación tiene cierta importancia histórica, puede que grandes reparaciones con epoxi no sean apropiadas.

Estado de la embarcación

Como es obvio, cuanto peor sea el estado de la embarcación, más trabajos de reparación serán necesarios para devolverla a su estado original. Aunque, en teoría, todas las embarcaciones se pueden restaurar, si el porcentaje recuperable es inferior al 60 por ciento, conviene buscar otra embarcación.

Tamaño de la embarcación

Las dificultades de reconstrucción aumentan con el tamaño de la embarcación. Esto es debido a que las embarcaciones más grandes sufren cargas mayores. El tamaño de las tablas de una embarcación es proporcional al tamaño de la embarcación y la resistencia y la efectividad del epoxi pueden verse desbordadas por los efectos proporcionalmente mayores de las masas de madera. Las variaciones dimensionales pueden tener lugar debido a cambios de humedad, variaciones cíclicas de la temperatura o a tensiones derivadas del uso de la embarcación. También, en embarcaciones más grandes puede haber más áreas con un acceso difícil o imposible.

Método de construcción

Es esencial tener conocimiento del método original de construcción de la embarcación y del grado de dificultad que suponen las reparaciones de los distintos métodos de construcción. A continuación se ofrece una guía general sobre la facilidad, tanto logística como práctica, de reconstrucción de embarcaciones construidas con diferentes métodos empezando por los más fáciles:

Contrachapado (chapas duras y blandas)

Listón fino

Laminados (moldeados en caliente y en frío)

Tingladillo (tracas solapadas)

A tope (sencillo)

A tope (doble)

Si tiene poca experiencia en reparar embarcaciones, la lectura del resto de este manual le dará una idea del trabajo necesario en proyectos específicos. Es preciso llevar a cabo una evaluación a fondo de la estructura de la embarcación que podrá realizarse siguiendo la descripción de la Sección 2 o bajo la dirección de un asesor. Conviene hablar con gente que haya llevado a cabo un proyecto similar. El establecimiento del nivel de compromiso con el proyecto y el desarrollo de un plan realista para la reparación y restauración son esenciales para que el proyecto tenga éxito.

1.2 El por qué de los fallos de embarcaciones de madera

La naturaleza de la madera y las técnicas utilizadas antaño en la construcción de embarcaciones contribuyeron tanto a la belleza como a las contrariedades de los barcos de madera. La cantidad de trabajo necesaria para el mantenimiento de las embarcaciones de madera empañó sus atractivos y la falta de mantenimiento llevó a muchos barcos de madera bonitos a ser devorados por los elementos climáticos. La edad y el estado de las embarcaciones de madera puede variar mucho de unas a otras, pero la mayoría sufren en algún grado de dos problemas habituales.

1.2.1 Pérdida de rigidez

Buena parte del atractivo de las embarcaciones de madera reside en la habilidad del constructor para ensamblar muchas piezas de madera trabajadas por separado y formar así una estructura única, siendo la pérdida de la rigidez original una de las causas principales del deterioro de una embarcación. Las fuerzas que actúan sobre una embarcación durante su uso normal someten a las juntas a continuos esfuerzos. Por ejemplo, cuando una ola o masa de agua pasa por debajo, levanta el casco de forma desigual. Las olas que empujan al casco por los extremos presionan los lados del casco hacia afuera, las olas que empujan al casco por el medio presionan los lados del casco hacia adentro. Las olas o masas de agua que embaten en ángulo pueden levantar la proa en una dirección y la popa en otra creando una torsión que tira de un lado del casco y de la cubierta hacia adelante y del otro lado hacia atrás. Otras cargas se derivan de la elevación de la embarcación para su varado, de la estiba de la carga y de los esfuerzos del aparejo durante la navegación a vela. O sea, que las embarcaciones están sometidas constantemente a torsiones, estiramientos y flexiones. Todas las juntas tienen que resistir estos esfuerzos para mantener la estructura rígida y estanca.

El más mínimo movimiento alrededor de un elemento de fijación puede debilitar la capacidad de sujeción del elemento y provocar una mayor flexibilidad. Con el tiempo, cada una de las juntas externas que tenga flexión se convertirá en una posible fuente de entrada de humedad. Los métodos tradicionales de calafateado están pensados para flexionar y absorber los movimientos entre piezas adyacentes, pero con las continuas flexiones, los materiales de calafateado terminan debilitándose. Sin un mantenimiento regular, las juntas calafateadas tendrán filtraciones. En ese caso, el elevado contenido de humedad de la madera alrededor de la junta ocasionará una pérdida de resistencia de la misma, una pérdida de la capacidad de sujeción del elemento de fijación, mayor flexibilidad y mayor entrada de humedad.

1.2.2 Podredumbre seca

La podredumbre seca es otra causa de los daños que sufren las embarcaciones de madera. Se trata de un proceso natural de deterioro causado por el crecimiento de un hongo que se alimenta de la celulosa de la fibra de la madera. Además de la consiguiente pérdida grave de consistencia, la podredumbre seca causa en la madera decoloración, grietas a través de la veta y contracción.

El término "podredumbre seca" es un nombre inapropiado puesto que el hongo necesita humedad para vivir. De hecho, para sobrevivir, el hongo requiere lo siguiente:

Alimento - un suministro adecuado de fibra de madera

Humedad - un contenido de humedad en la madera alrededor del punto de saturación (superior al 20%)

Oxígeno

Calor - Entre 24-30°C es la temperatura ideal para que la podredumbre se reproduzca, aunque el hongo puede estar activo a temperaturas inferiores que pueden llegar hasta los 10°C.

La gran cantidad de juntas que hay en una embarcación de madera son zonas potencialmente ideales para el desarrollo de la podredumbre seca. En los puntos donde dos piezas de madera están en contacto, la circulación de aire y la evaporación son menores. Si hay una filtración, el nivel de humedad en la madera de la junta puede alcanzar con facilidad el nivel de saturación de la fibra y aun así haber oxígeno suficiente para el desarrollo de la podredumbre. Los compuestos para la conservación de la madera intentan controlar la podredumbre envenenando su fuente de alimentación. Este método sólo ha tenido un éxito limitado y no aborda el problema de la pérdida de consistencia de la madera debido al alto contenido de humedad.

1.3 El epoxi WEST SYSTEM para reparar barcos de madera

Las propiedades del epoxi WEST SYSTEM que son apreciadas en la construcción de embarcaciones nuevas son también ideales para la reparación de embarcaciones más antiguas. Las técnicas de este manual están pensadas para obtener el máximo beneficio de las propiedades del epoxi dentro de los límites de la vieja estructura existente.

El epoxi WEST SYSTEM es un adhesivo estructural marino formulado para el encolado de madera.

El epoxi se utiliza en la construcción de embarcaciones de madera nuevas que son al mismo tiempo livianas y muy rígidas.

El encolado de juntas con epoxi proporciona una superficie de unión mayor que la que se obtiene con elementos de fijación mecánicos y sella totalmente la junta protegiéndola contra la humedad. Las juntas encoladas con epoxi WEST SYSTEM suelen ser más fuertes que la madera misma. El encolado con epoxi requiere muy poca presión de sujeción y con frecuencia sólo es necesario el uso de grapas y tornillos para mantener las piezas juntas durante el curado del epoxi. Como adhesivo, el epoxi WEST SYSTEM es ideal para reparar daños y para reducir las flexiones en la estructura.

El epoxi WEST SYSTEM no tiene equivalente como barrera contra la humedad.

La capacidad del epoxi para proteger las estructuras de madera contra el agua ha conseguido que las embarcaciones de madera modernas sean casi inmunes a la podredumbre seca. Hasta cierto punto, también puede proporcionarse esta protección a las embarcaciones antiguas manteniendo el contenido de humedad por debajo del nivel que permite sobrevivir a la podredumbre seca.

El epoxi WEST SYSTEM tiene excelentes cualidades para rellenar cavidades.

Elimina la necesidad de juntas que requieran un ajuste muy preciso y elevadas presiones de sujeción.

El epoxi WEST SYSTEM es versátil y fácil de usar.

Los productos WEST SYSTEM incluyen una línea completa de materiales de epoxi y de accesorios desarrollada para satisfacer una amplia gama de necesidades de la construcción y el mantenimiento. Tanto los aficionados como los profesionales pueden ajustar el sistema epoxi para cumplir con las necesidades específicas de cada proyecto.

La información sobre el epoxi WEST SYSTEM y las reparaciones está respaldada por más de veinte años de experiencia.

Gougeon Brothers, Inc. ha elaborado el epoxi WEST SYSTEM durante más de veinte años y se ha labrado una reputación por su destacada labor en la formulación de epoxis prácticos, duraderos y económicos para la

construcción náutica. Las embarcaciones nuevas, a vela o a motor, construidas con productos WEST SYSTEM dominan en competiciones de muchas clases y hay muchas familias navegando por el mundo en embarcaciones seguras construidas, restauradas o cuyo mantenimiento se realiza con epoxi WEST SYSTEM. Gougeon Brothers, Inc. dispone de experiencia en la construcción, de instalaciones para la investigación y ensayos, y de personal técnico cualificado para proporcionar un asesoramiento experimentado a los usuarios de los productos WEST SYSTEM.

Wessex Resins and Adhesives Ltd. elabora y comercializa los productos de la marca WEST SYSTEM en Europa bajo licencia de Gougeon Brothers, Inc. La meta de la compañía es alcanzar el mismo nivel de calidad conseguido y mantenido por Gougeon Brothers.

Wessex Resins cuenta con el Registro de Garantía de Calidad de BS5750 Parte 2/ISO 9002 y AQAP4 Edición 2, los cuales garantizan que todos los productos elaborados por la compañía cumplen con las normas de calidad más rigurosas. Además, el epoxi marca WEST SYSTEM está aprobado por la Lloyds Register of Shipping para su uso específico en la construcción de yates y pequeñas embarcaciones.

El personal técnico de Wessex Resins tiene muchos años de experiencia con el epoxi y se mantiene en constante comunicación con Gougeon Brothers para estar al día en los nuevos desarrollos dentro de la gama de productos WEST SYSTEM.

1.4 Elementos clave en la reparación y la restauración

Los tres elementos clave en la elaboración de un plan para usar epoxi en la reparación o restauración de embarcaciones de madera son:

El encolado para rigidez

El recubrimiento para la protección contra la humedad

La ventilación para una larga vida

1.4.1 Encolado para rigidez

El tema de la rigidez es fundamental cuando pensamos en la utilización del epoxi en las estructuras náuticas. El encolado o el impregnado de la madera con epoxi puede aumentar enormemente la rigidez total o local de una embarcación. Como ya se ha mencionado, la pérdida de rigidez en la estructura original es uno de los problemas que llevan al deterioro de una embarcación. Cuando se usa el epoxi para reparar o restaurar una embarcación, se introduce rigidez en la estructura. En la mayoría de los casos esta rigidez es beneficiosa. En ciertas ocasiones, cuando el trabajo no ha sido bien planificado, la nueva rigidez puede ser perjudicial para la duración de las reparaciones o la integridad de la embarcación original, generalmente debido a una concentración de las tensiones.

Cuando se planifica la restauración global de una embarcación, el uso exhaustivo del epoxi como adhesivo y recubrimiento antihumedad proporcionará una estructura muy rígida y duradera. Un nuevo encolado de la tablazón del casco con epoxi después de haber limpiado las juntas es una de las mejores tareas que se pueden efectuar.

Si no se está planificando una reconstrucción total, pero hay interés en llevar a cabo reparaciones locales, grandes o pequeñas, en una embarcación que está básicamente sana, primero se deberá identificar la unidad estructural que requiera un saneamiento y la manera en que esta está incorporada en la estructura global.

Sugerimos buscar los arreglos lógicos que pueda necesitar la construcción – ajustar una tabla, reconstruir una escotilla, cambiar el espejo de popa, sustituir una cuaderna, reconstruir el techo de la caseta de cubierta o cambiar la cubierta. Se deberán buscar unidades estructurales donde la nueva rigidez que se vaya a introducir no trabaje en oposición a la estructura original. Este planteamiento puede ayudar a establecer los límites del proyecto de reparación.

1.4.2 Recubrimiento para una protección contra la humedad

La impregnación con epoxi constituye una valiosa ventaja en las embarcaciones de madera nuevas ya que forma una barrera continua contra la humedad en todas las piezas de la embarcación, tanto interiores como exteriores. Al recubrir todas las superficies de las piezas de madera con al menos dos capas de epoxi, el contenido de humedad de dichas piezas permanecerá a un nivel constante muy inferior al nivel de saturación de la fibra y la estructura será dimensionalmente estable. Cuando se está construyendo una embarcación nueva, la impregnación puede realizarse con facilidad ya que cada una de las piezas puede recubrirse hasta el nivel más adecuado antes o después de haberla encolado en su lugar. Resulta especialmente interesante poder recubrir piezas o superficies que, una vez ensamblada la estructura, no podrán alcanzarse.

La impregnación de embarcaciones antiguas o de construcción tradicional es imposible a menos que todas las superficies, sobre todo las de contacto entre juntas, puedan recubrirse. Esto implicaría desmontar la embarcación, pieza a pieza, y volver a ensamblarla, lo cual supondría gran cantidad de tiempo y esfuerzo. No obstante, aunque no se pueda impregnar toda la embarcación, puede ser interesante identificar las unidades estructurales que sí puedan ser impregnadas. Quizá sea posible impregnar ciertas áreas sacando y volviendo a ensamblar las piezas una a una.

A menudo, nos formulan la siguiente pregunta: «¿Puedo recubrir el interior de la embarcación con epoxi?» La mayoría de las veces no es una buena idea. Aunque se recubran tantas superficies del interior como sea posible, algunas áreas quedarán sin proteger y eso no es lo mismo que impregnar. Ese procedimiento no asegura una barrera contra la humedad continua y no impide el movimiento de las juntas ni evita que la humedad se filtre por alguna de ellas.

Si hay una filtración y no se han recubierto las superficies de contacto inaccesibles de las juntas, se pueden crear las condiciones idóneas para el desarrollo de la podredumbre seca. Por lo tanto, a menudo es mejor solución mantener el interior bien ventilado que intentar recubrir áreas que podrían retener humedad.

El objetivo es, siempre, impedir una de las cuatro condiciones necesarias para la supervivencia de la podredumbre, y en este caso consistiría en mantener el contenido de humedad de la madera por debajo del punto de saturación. Si no se puede mantener el agua fuera de la estructura, la mejor opción siguiente es garantizar que el agua no quede atrapada en el interior.

1.4.3 Ventilación para una larga vida

La ventilación es la clave para la larga vida de una embarcación. Ninguna embarcación puede prescindir de mantenimiento. Es necesario considerar un mantenimiento preventivo o aceptar la necesidad de reconstrucciones y reparaciones periódicas. Todas las embarcaciones - de madera, fibra de vidrio, aluminio o acero - necesitan una buena ventilación. Mantener el interior lo más seco posible es el mejor mantenimiento preventivo que se puede efectuar para proteger la estructura y obtener más comodidad en la embarcación.

Sentinas limpias, ambiente interior abierto, aberturas de cubierta estancas y ventiladores eficaces proporcionarán, conjuntamente, una buena aireación. Si hay dudas sobre estas opciones, sugerimos consultar los libros sobre construcción, equipamiento y estibado de embarcaciones listados en el Anexo.

Sección 2

Evaluación e Inspección de la Embarcación

Para determinar el estado de la embarcación es necesario responder a las dos primeras preguntas de la Sección 1.0

¿Cuál es el tipo de construcción de la embarcación ?

¿En qué estado se encuentra la embarcación ?

Saber de qué forma se ha construido la embarcación ayuda a valorar el daño que ha sufrido. Un conocimiento de la estructura permite determinar no sólo el daño menos visible, sino también, y esto tiene más importancia, si el daño sufrido ha afectado a la integridad de la embarcación. Para poder evaluar el estado de la embarcación será necesario llevar a cabo una inspección a fondo. Esto probablemente requerirá un desmantelamiento parcial.

2.1 Conocer la Estructura

La evaluación de la solidez de la embarcación requiere saber si los elementos estructurales individuales y combinados funcionan debidamente y si siguen en condiciones de llevar a cabo la función para la que fueron diseñados. La mayoría de las embarcaciones de madera se caracterizan por un armazón estructural cubierto por un revestimiento protector.

2.1.1 El armazón estructural

Aunque las embarcaciones de madera pueden variar en tamaño, forma y uso, la mayoría tienen elementos estructurales del mismo tipo (Figura 2.1). Estos elementos forman el armazón y, junto con el forro, tienen la función de soportar las cargas. El robusto armazón de las embarcaciones con tablas convencionales está diseñado para aportar la mayoría de la rigidez de la estructura. Durante la construcción, después de la botadura y durante el carenado para un reacondicionamiento, los diversos elementos estructurales soportan y distribuyen las concentradas y pesadas cargas de la embarcación. Las embarcaciones más modernas, recubiertas con contrachapado, tienen estructuras más ligeras. Se debe examinar cada uno de los elementos para evaluar si la embarcación sigue en condiciones de poder soportar las cargas de trabajo para las que fue originalmente proyectada.

La quilla es la espina dorsal de la mayoría de las embarcaciones. Es, tradicionalmente, la pieza más pesada y rígida de la estructura y proporciona la base para el resto de la estructura. Al igual que el resto de los componentes, la quilla tiene que tener no sólo la suficiente resistencia a la flexión, sino también la solidez necesaria para aceptar los elementos de fijación que transfieren las cargas a las partes colindantes.

Las cuadernas y las varengas se distribuyen, de manera regular, de banda a banda a lo largo de la quilla. Las cuadernas simétricas dan forma al casco mientras que las varengas distribuyen las cargas desde la quilla de lastre y la bancada del motor a la tablazón.

Los baos de cubierta conectan los extremos superiores de cada par de cuadernas. En conjunto mantienen unidas las dos mitades del casco impidiendo que se abran o se plieguen y sirven de apoyo al revestimiento de cubierta. El extremo de cada bao se apoya y está conectado al durmiente y por lo general también a los extremos de las cuadernas.

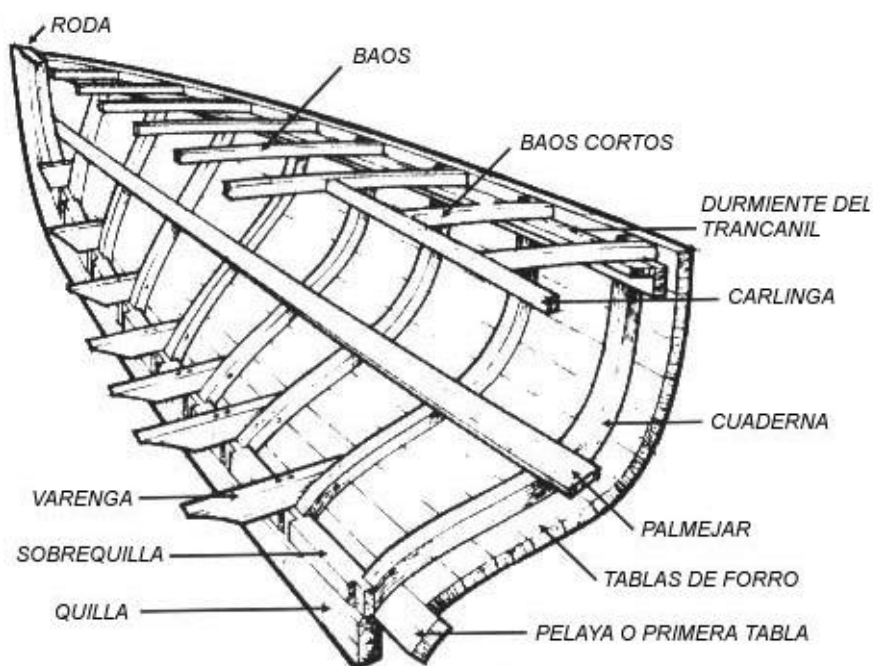


Figura 2-1 Armazón estructural típico

El durmiente está ensamblado a los baos y a los extremos de las cuadernas. Esta pieza une los extremos de las cuadernas y los baos a la parte superior de cada lado del casco (arrufo) desde la roda hasta el espejo de popa.

En las embarcaciones más grandes, el durmiente, ensamblado al ras al sotadurmiente, proporciona apoyo a los baos y da más rigidez al arrufo. El sotadurmiente se coloca en vertical contra el extremo de la cuaderna y el durmiente se tiende en sentido horizontal debajo del extremo del bao.

El durmiente y el sotadurmiente están conectados entre sí a noventa grados aproximadamente.

Algunas embarcaciones con fondo redondo tienen palmejares intermedios que proporcionan una rigidez adicional en la curvatura de la sentina. Estos pseudo durmientes, que corren de proa a popa, están posicionados equidistantes a la quilla y al durmiente. En las embarcaciones con fondos planos, en multi-pantoque o en V, los durmientes intermedios de proa a popa se llaman pantoques. Estas partes estructurales pueden ser muy ligeras en ciertos tipos de construcción pero también pueden ser muy robustas y en algunas embarcaciones tradicionales pueden igualar en tamaño a la quilla o al durmiente.

En las embarcaciones a motor y en las grandes embarcaciones a vela, los apoyos o bancadas del motor pueden tener dimensiones muy grandes. En general, van de proa a popa a cierta distancia del motor y suelen estar ensamblados a las varengas de mamparos especiales.

En embarcaciones más grandes se suelen colocar curvas o listones debajo del forro y de la cubierta para resistir movimientos diagonales o de torsión. Estos miembros de refuerzo adicional pueden ser de madera o de metal.

En las aberturas para la bañera o escotillas, una carlinga ensambla los extremos de los baos cortos o medios baos a un bao largo a cada lado de la abertura. Curvas adicionales y varillas ayudan a dar rigidez al arrufo y a transferir las cargas al siguiente bao. En las embarcaciones pequeñas abiertas, el arrufo debe tener suficiente rigidez para resistir la flexión sin la ayuda de los baos de cubierta. Por ejemplo, en las canoas, una o dos bancadas reemplazan a la cubierta y el arrufo debe ser suficientemente rígido para resistir flexiones entre las bancadas.

2.1.2 El revestimiento

Hay dos tipos básicos de revestimiento para cubrir las estructuras del casco y de la cubierta proporcionando una capa estanca. Durante miles de años, los diferentes tipos de forro de tablas eran la única alternativa para cubrir las estructuras de madera, pero, hoy en día, los adhesivos modernos han hecho que los revestimientos de contrachapado estén más extendidos y sean más duraderos.

La tablazón

La tablazón, sea de construcción a tope, en tingladillo (solape), o una variación de éstas, tiene mayor tendencia a la flexión y a las filtraciones que el contrachapado. En general, las tablas van paralelas a la línea central de la embarcación (Figura 2.2). Estas pueden resistir los esfuerzos de sesgado (el pequeño deslizamiento entre tablas cuando el casco sufre una torsión), gracias a los elementos que las fijan a las cuadernas, y al calafateado. En la construcción en tingladillo, en la cual cada tabla solapa la anterior, se utilizan remaches o tornillos para apretar el solape y resistir el esfuerzo de sesgado a lo largo de la junta. Tradicionalmente, las juntas entre las tablas a tope se sellaban con un calafateado de algodón y/o estopa introducido en las juntas mediante un hierro de calafatear y tapado con alquitrán o un sellador flexible. Al principio, el calafateado ayudaba a la rigidez de la embarcación, pero debido al movimiento de los elementos de fijación y a la hinchazón y contracción de las tablas, con el tiempo se hacía necesario reemplazar el calafateado.

Por lo general, la tablazón doble consistía en dos capas de tablas a tope o tablas de cantos cuadrados, selladas en las juntas y entre las dos capas con laca, pintura, masilla de asiento o cola.

Ocasionalmente se colocaba lona embebida en pintura o albayalde (Blanco de España) entre las dos capas de tablas.

El Contrachapado

Con frecuencia, el contrachapado sustituye las numerosas tablas individuales reduciendo enormemente el número de juntas las cuales son fuentes potenciales de filtraciones. El armazón para un revestimiento en contrachapado es similar al armazón para tablas, pero como el contrachapado es más fuerte en más de una dirección, el armazón puede ser más ligero. Las cuadernas adicionales que se necesitan en un armazón de tablas para resistir los movimientos diagonales pueden ser eliminadas. En general, los paneles de contrachapado se encolan al armazón y se mantienen en posición mediante grapas, clavos o tornillos (*Figura 2.3*). En las superficies con curvas compuestas donde no es posible instalar un solo panel, se pueden montar capas múltiples de contrachapado de menor espesor.

El contrachapado también puede sufrir problemas de humedad. La humedad puede penetrar dentro del contrachapado a través de la contrafibra en las juntas y causar un desprendimiento de las laminas. En la superficie, la humedad causa el arrugamiento del enchapado superior.

Las primeras cubiertas de contrachapado estaban protegidas con lona colocada sobre una capa de pintura fresca o de cemento para lona. Puede que el tejido proporcionara alguna protección, pero como podía quedar humedad retenida bajo gran parte de la superficie de la lona, la cubierta podía sufrir grandes daños antes de llegar a detectarlo. Cuando la cubierta se ha ablandado o la lona se ha desprendido, el contrachapado ya puede haber perdido gran parte de su resistencia.

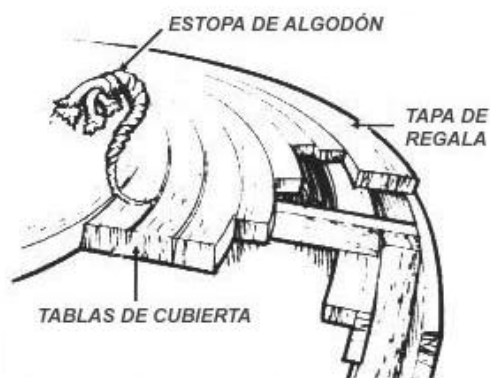


Figura 2.2 Construcción típica de cubierta y casco con tablazón a tope



Figura 2.3 Construcción típica con contrachapado

Accesorios

A los problemas que presentan las juntas de la cubierta hay que añadir los de los accesorios metálicos (acastillaje) de la misma ya que constituyen una fuente importante de filtraciones y daños causados por la humedad. Todas las piezas metálicas de cubierta están ancladas a esta mediante elementos de fijación mecánicos que penetran el revestimiento. Los accesorios que reciben cargas menores pueden ser simplemente atornillados a la cubierta. Los accesorios que necesitan soportar cargas elevadas deben ser atornillados o empernados, a través del revestimiento, a un miembro estructural (por ejemplo, un bao de cubierta o un bloque adicional) para

distribuir la carga por un área más extensa. Si los agujeros de montaje no son taladrados con precisión, los elementos de fijación que sujetan al accesorio en posición no reparten la carga equitativamente.

Evaluación e inspección de la embarcación

Conforme el accesorio es sometido a repetidos esfuerzos, la zona del alojamiento del elemento de fijación que soporta mayor carga aumenta. El movimiento de la pieza reduce la capacidad de carga de la fibra de la madera alrededor del elemento de fijación y se crea un punto de entrada de agua. Las masillas de asiento, pensadas para minimizar la entrada de humedad entre la base del accesorio y la superficie de la cubierta, no impiden el movimiento del accesorio. Con el tiempo, estos movimientos causarán la descomposición de la masilla de asiento y al final entrará agua en el agujero de fijación. En este, la humedad penetra con rapidez por el extremo de la fibra y debilita aun más la sujeción.

Este repaso general de la estructura de una embarcación pone de relieve algunos de los problemas con los que probablemente se enfrentará el propietario de una embarcación de madera. Aunque estos problemas pueden resultar desalentadores, no tienen por qué ser insalvables. Uno de los atractivos de la madera es su resistencia. Con una buena restauración y una protección adecuada, una embarcación puede comenzar una nueva y larga vida con poco mantenimiento.

Para un análisis más a fondo de la estructura de una embarcación, consulte los libros listados en el Anexo.

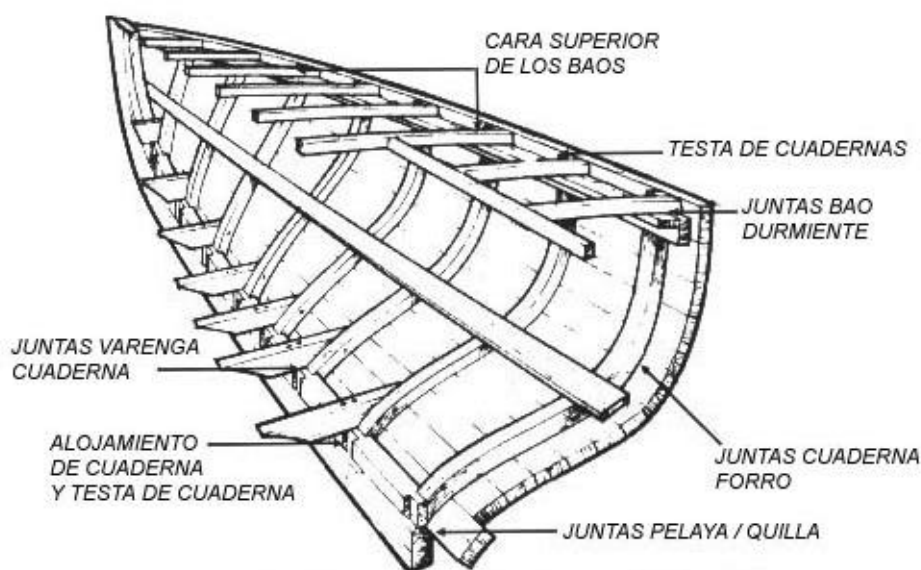


Figura 2.4 Examine contra podredumbre seca en las juntas y áreas de agua estancada y de pobre circulación de aire.

2.2 Inspección y localización de áreas dañadas.

La primera fase de una reparación implica la inspección y localización de las áreas dañadas. Aunque el daño sea obvio, un diagnóstico completo del daño posiblemente requerirá un cierto desmantelamiento. Debido a que el daño no visible producido por la humedad retenida es un gran problema en las

embarcaciones de madera, un trabajo de desmantelamiento a fondo es importante. Una inspección esmerada permitirá que se tomen decisiones más acertadas sobre los procedimientos a seguir y, al mismo tiempo, nos indicará el volumen de trabajo necesario.

La inspección debe comenzar de la siguiente manera:

1. Mantenga la embarcación apoyada en su forma correcta. Las líneas centrales de la roda y del espejo de popa deben estar aplomadas. Los arrufos deben estar nivelados en todas sus secciones. Se debe apuntalar o calzar el casco para impedir cualquier movimiento antes de finalizar la reparación. Cuantas más piezas estén unidas con epoxi, mayor será la rigidez de la estructura final. De este modo, cuando se hayan finalizado las reparaciones, la embarcación conservará la forma con que fue apoyada.
2. Retire los equipos, los accesorios y otros elementos, las cubiertas de lona, los aparejos y el tejido de fibra de vidrio si se ha desprendido.
3. Localice el origen de las filtraciones y las áreas afectadas antes de que la embarcación se seque. Busque zonas húmedas, pintura desescamada y madera blanda o descolorida. Quite el acabado antiguo hasta que pueda evaluar el estado de la madera que recubre.
4. Examine cada uno de los miembros estructurales y los elementos de fijación para evaluar si siguen en condiciones de soportar las cargas para las que fueron proyectados. Utilice un punzón rompehielos u otra herramienta puntiaguda para determinar la presencia de podredumbre seca. Averigüe si hay putrefacción en áreas con poca ventilación, donde las piezas están en contacto directo entre sí y alrededor de los elementos de fijación. Si el daño se debe a un impacto o a una pérdida de resistencia por esfuerzos continuos, compruebe si hay cuadernas fracturadas o elementos de fijación sueltos lejos del área dañada (*Figura 2.4*).
5. Retire el material dañado y las piezas que impiden el acceso a las zonas que pueden haber sufrido daños. Según se requiera, desmonte el revestimiento y la estructura que recubre en el orden inverso al de la construcción hasta que todos los daños hayan sido retirados o sean accesibles. Retire con cuidado cualquier pieza reutilizable y guárdela para su reinstalación. Algunas de las piezas, aunque estén dañadas sin remedio, pueden servir como patrones para fabricar piezas de repuesto. Eliminar el daño no significa extraer toda la pieza. Muchas veces, las piezas pueden ser reparadas en posición mediante el ensamblado de una nueva sección o añadiendo un refuerzo (ver Sección 5.3)
6. Seque completamente la embarcación antes de empezar las reparaciones. Quite todo el acabado antiguo y proporcione mucha ventilación para acelerar el proceso de secado. El contenido de humedad de la madera suele alcanzar el equilibrio entre el 8-12%. Entre estos valores, la estructura tendrá una dimensión estable, el epoxi una mejor adherencia y la humedad no quedará estancada dentro de la madera. Hay que conseguir un lugar seco y cubierto para reparar la embarcación.

Revalorización del proyecto

Una vez finalizada la inspección, se conocerá el estado de la embarcación y

se podrá preparar un plan para el trabajo de reparación. Es muy importante volver a plantearse las preguntas propuestas en la Sección 1:

¿Qué se pretende obtener, una reparación rápida, una restauración completa o algo entre las dos?

¿Se dispone del tiempo y recursos necesarios para poder conseguir el resultado deseado?

¿La construcción madera/epoxi es la mejor solución al problema?

Cuando tenga una idea clara de las respuestas a estas preguntas, podrá proceder a la reparación o la restauración utilizando las secciones de este manual que correspondan. La Sección 3.0 trata sobre las técnicas básicas para utilizar los productos epoxi WEST SYSTEM con eficacia en la reparación de embarcaciones de madera. Aunque esté familiarizado con estos productos es importante tener un conocimiento a fondo de las técnicas básicas para la preparación de las superficies, el encolado, el encolado con filetes, el laminado, el moldeado, la aplicación de tejidos y cintas, la capa final y el acabado que se explican en la Sección 3.0. Las secciones posteriores informan sobre procedimientos detallados para tipos concretos de reparación y pueden utilizarse en el orden que se precise.

Sección 3

Técnicas Estándar

Esta sección está diseñada para ayudar a conocer los productos epoxi WEST SYSTEM y proporcionar los procedimientos básicos para su empleo.

3.1 Seguridad

La resina WEST SYSTEM 105, por sí misma, raramente sensibiliza la piel. Los endurecedores WEST SYSTEM irritan y escuecen la piel, pero cuando se mezclan con la Resina 105 en la relación correcta, ese efecto se reduce. Aun así, se deben tomar las precauciones adecuadas para su manejo. Recomendamos seguir con exactitud las instrucciones siguientes:

3.1.1 Instrucciones de seguridad

1. Evite que la piel entre en contacto directo con las resinas, endurecedores y mezclas epoxi. Use guantes de plástico siempre que maneje los materiales WEST SYSTEM. La Crema Protectora para la Piel WEST SYSTEM 831 proporciona una protección adicional para las pieles sensibles, frente a las alergias o cuando sea necesario trabajar con epoxi durante largo tiempo. NO SE DEBEN usar disolventes para quitar el epoxi de la piel. Inmediatamente después de que la piel haya entrado en contacto con resinas, endurecedores o disolventes, se recomienda el uso de la Crema Limpiadora de Resina WEST SYSTEM 820, seguida de un lavado abundante con agua y jabón.
2. Proteja sus ojos contra resinas, endurecedores, mezclas epoxi y disolventes usando las Gafas Protectoras WEST SYSTEM 840. Si tiene lugar el contacto, enjuáguese inmediatamente los ojos con abundante agua a baja presión durante 15 minutos. Si las molestias continúan, busque inmediatamente atención médica.
3. Evite la inhalación de vapores. Trabaje con el epoxi sólo en áreas bien ventiladas. Dentro de las embarcaciones y en lugares de espacio reducido, asegure una buena ventilación del área y un buen suministro de aire fresco. Use la Máscara Antipolvo WEST SYSTEM 839 durante el lijado del epoxi. Si el curado tiene menos de una semana, utilice precauciones adicionales.
4. Si sufre una erupción cutánea mientras trabaja con epoxi, deje de usar el producto hasta que la erupción desaparezca, lo cual, por lo general ocurre tres o cuatro días más tarde. Después de este periodo y al comenzar otra vez el trabajo, extreme las precauciones de seguridad y evite cualquier contacto de la piel con resinas, endurecedores, mezclas epoxi y con sus vapores. Si los problemas persisten, consulte a un médico.
5. Cuando trabaje con disolventes en espacios reducidos, no utilice máquinas y no suba escaleras. Si siente cansancio, náuseas, aturdimiento o irritación

durante el uso de disolventes, vaya inmediatamente a un espacio bien ventilado o salga al aire libre.

6. Si una cantidad moderada de epoxi le salpica o mancha la ropa, cámbiese inmediatamente. Use la Crema Limpiadora de Resina WEST SYSTEM 820 para eliminar la resina tanto de la piel como de la ropa. Quite las salpicaduras de las superficies de trabajo con una rasqueta y toallitas de papel. Raspe la mayor cantidad posible de material con la rasqueta antes de usar las toallitas de papel. Para contener o absorber grandes derrames, utilice arena o material absorbente tipo arcilloso. Limpie los residuos con Disolvente WEST SYSTEM 850 o Solución de Limpieza 855.
7. Tenga mucho cuidado al manejar envases de mezcla epoxi. La mezcla epoxi genera calor, sobre todo cuando hay gran cantidad de este compuesto en un recipiente con poca área superficial. **NO SE DEBEN** echar los restos de epoxi a la basura antes de su solidificación y enfriamiento.
8. MANTENGA LAS RESINAS, LOS ENDURECEDORES, LOS ADITIVOS Y LOS DISOLVENTES FUERA DEL ALCANCE DE LOS NIÑOS.

Para más información o datos sobre seguridad, póngase en contacto con:

WESSEX RESINS & ADHESIVES LIMITED
189/193 Spring Road,
Sholing, Southampton,
SO2 7NY
INGLATERRA

<http://www.wessex-resins.com>

3.2 Productos Epoxi

3.2.1 Resina

Resina 105 - Es una resina epoxi transparente de color ámbar pálido y baja viscosidad. El curado tiene lugar dentro de un amplio espectro de temperaturas y produce un sólido rígido y fuerte. Es un encolador excepcional con excelentes propiedades de cohesión y constituye una óptima barrera contra el vapor de agua. Se han formulado dos tipos de endurecedores WEST SYSTEM para uso con la Resina 105. Los Endurecedores 205 y 206 requieren una proporción de mezcla de 5 partes por peso de resina por cada parte por peso de endurecedor. La proporción en el caso de los Endurecedores 207 y 209 es de 3 partes por peso de resina por cada parte por peso de endurecedor.

3.2.2 Endurecedores con una proporción de mezcla de 5 a 1

Endurecedor 205 – Se usa en la mayoría de situaciones y también para bajas temperaturas y cuando se requiere un curado rápido. Desarrolla sus propiedades físicas rápidamente a temperatura ambiental. Una masa de 100 gramos de mezcla de Resina 105/Endurecedor Rápido 205 tiene una vida útil de aplicación de 10 a 15 minutos a 21°C. El recubrimiento epoxi cura a un estado sólido en un tiempo de cinco a siete horas y alcanza su máxima resistencia después de varios días.

Endurecedor Lento 206 – Se usa cuando se requiere más tiempo de trabajo y de curado o para obtener más tiempo de trabajo a temperaturas más altas. Una masa de 100 gramos tiene una vida útil de aplicación de 25 a 30 minutos a 21°C y consigue su máxima resistencia después de varios días.

3.2.3 Endurecedores con una proporción de mezcla de 3 a 1

Endurecedor Especial para Recubrimientos 207 - Se mezcla con la Resina 105 para recubrimientos que requieren un acabado transparente, especialmente en condiciones húmedas y/o a bajas temperaturas. El 207 contiene un aditivo estabilizador de rayos UV. Aun así, a largo plazo requiere protección UV con pintura. Este endurecedor proporciona una excelente adherencia en aplicaciones de encolado pero no es tan económico como los Endurecedores 205 y 206. Una masa de 100 gramos tiene una vida útil de aplicación de 25-30 minutos a 21°C y como recubrimiento, el epoxi cura a un estado sólido en un tiempo de 9 a 12 horas.

Durante los siguientes 4 a 7 días, tendrá lugar un mayor endurecimiento.

Endurecedor Tropical Especial 209 – Se utiliza para encolados en general o para recubrimientos en condiciones extremas de temperatura y/o humedad. El Endurecedor 209 proporciona aproximadamente el doble de vida útil y tiempo de trabajo que el Endurecedor Lento 206 y su vida útil de aplicación

resiste hasta una temperatura de 43°C. Se puede utilizar a temperaturas normales de 18°C a 21°C cuando se requiera mayor vida útil y tiempo de trabajo. Una masa de 100 gramos tiene una vida útil de 50-60 minutos a 21°C y en capas muy finas cura al estado sólido en 20-24 horas a 21°C (6-8 horas a 35°C). Durante los siguientes 4-9 días, alcanza un mayor endurecimiento.

3.2.4 Aditivos

En este manual hablaremos de epoxi o mezcla resina/endurecedor cuando nos refiramos a la mezcla de resina y endurecedor sin aditivos y hablaremos de mezcla espesada cuando nos refiramos a una mezcla de resina con endurecedor más un aditivo de alta o baja densidad. Los aditivos se usan para espesar la mezcla resina/endurecedor básica en aplicaciones específicas. Cada aditivo posee unas características físicas únicas, pero en general los aditivos pueden ser clasificados como de alta o baja densidad.

Aditivos de Alta Densidad

Micro Fibras 403 – Se trata de una mezcla de fibras finas usada para espesar el epoxi en aplicaciones generales de encolado y relleno. Las mezclas epoxi/403 tienen unas cualidades excelentes para el relleno de grietas y buena resistencia en la mayoría de las aplicaciones de encolado. Además, conservan sus propiedades humectantes y penetrantes. Al rellenar las grietas, las micro fibras ayudan a asegurar un encolado del 100% de las juntas. El curado produce un color blanco grisáceo.

Aditivo Alta Densidad 404 - Desarrollado especialmente para conseguir propiedades físicas óptimas en el encolado de accesorios donde se esperan altas cargas cíclicas. Además, el 404 puede utilizarse para el fileteado y el relleno de grietas que necesitan una resistencia máxima. El curado produce un color blanco grisáceo.

Mezcla para Fileteado 405 - Aditivo fuerte con tonos de madera para encolados y fileteados en los interiores de madera con un acabado natural. Se mezcla fácilmente y necesita poco lijado. El curado produce un color marrón y se puede utilizar para dar un tinte a otros aditivos WEST SYSTEM.

Silice Coloidal 406 - Aditivo muy fino utilizado en el relleno de grietas, encolados de alta resistencia y filetes. Es, quizás, el más práctico y versátil de los aditivos y el que se usa con mayor frecuencia. Se puede utilizar solo o en combinación con otros aditivos para mejorar su aplicabilidad y suavidad. El curado produce un color blanco grisáceo.

Aditivos de Baja Densidad

Aditivo Baja Densidad 407 – Se trata de un aditivo basado en una combinación microbalón que se utiliza para masillas de modelar que son fáciles de lijar o trabajar mientras conservan una resistencia razonable en la relación resistencia/peso. El curado produce un color marrón rojizo.

Microlight 410 - Aditivo de baja densidad ideal para la preparación de una masilla de modelar ligera y fácil de aplicar. El 410 es manejable, se mezcla con mayor facilidad que el 407, es mucho más fácil de lijar y más económico para grandes trabajos de masillado. El curado produce un color marrón claro.

La *Figura 3.1* constituye una guía para la selección de un aditivo basada en las características físicas requeridas para cada trabajo específico. Cada aditivo tiene una clasificación del 1 al 5 en cinco categorías de propiedades físicas. La *Figura 3.2* indica el aditivo más adecuado para cada trabajo específico.

Características Generales	Material de Relleno					
	403	404	405	406	407	410
Mezclado (Más fácil=5)	5	2	4	3	2	4
Textura (Más Suave=5)	1	2	3	5	4	4
Resistencia (Más resistencia=5)	3	5	4	4	1	1
Peso (Menor=5)	3	1	3	3	4	5
Lijado (Más suave=5)	2	1	2	2	4	5

Figura 3.1 Propiedades físicas de varias mezclas epoxi/endurecedor después del curado

Aplicación del Material de Relleno	Material de Relleno					
	403	404	405	406	407	410
Laminación	5	2	3	4	2	0
Encolado	4	5	3	5	2	0
Masillado	2	2	4	5	3	0
Encolado de Accesorios	3	5	3	4	0	0
Fileteado	0	0	0	0	4	5

Figura 3.2 Adecuación de distintos aditivos para trabajos específicos

Mezclado

La viscosidad de la mezcla necesaria para una tarea particular viene determinada por la cantidad de aditivo que se le añade. A título orientativo, la *Figura 3.3* proporciona las diferencias entre una mezcla epoxi sin espesar y las tres consistencias más usuales.

Los aditivos siempre se deben añadir en dos etapas:

1. Mezcle por completo la cantidad requerida de resina y endurecedor antes de añadir los aditivos. Empiece con un lote pequeño.
2. Vaya mezclando pequeñas cantidades del aditivo adecuado hasta obtener la consistencia requerida. Asegúrese de que el aditivo se haya integrado por completo en la mezcla antes de aplicarla.

Aditivos Especiales

Aunque estos se incorporan a la mezcla de epoxi siguiendo el mismo proceso de dos etapas que los aditivos normales, no están pensados para espesar la mezcla epoxi. Los aditivos especiales se usan en cantidades más pequeñas para proporcionar a la mezcla propiedades físicas adicionales cuando se usa como un recubrimiento.

Consulte el CATALOGO DE PRODUCTOS WEST SYSTEM para una descripción más completa de todos los aditivos.

Características	Mezcla no Espesada Gotea de Superficies Verticales	Leve Espesado se Desliza de Superficies Verticales	Espesado Moderado Aguanta en Superficies Verticales Picos se caen	Espesor máximo Se pega a Superficies Verticales Los Picos se Mantienen
Consistencia	'Jarabe'	'Ketchup'	'Mayonesa'	'Mantequilla'
Apariencia General				
Usos	Recubrimiento Pre-encolado Aplicaciones de fibra de vidrio, grafito y otros tejidos	Laminado/Encolado de paneles y grandes superficies Inyección con jeringa	Encolado general Fileteado Encolado de Accesorios	Relleno de grietas, Fileteado Masillado, Encolado de Superficies Desiguales

Figura 3.3. Cada lote de epoxi puede prepararse con la consistencia más apropiada para cada trabajo específico. Mida a ojo la consistencia y la cantidad de aditivo que va a añadir.

3.3 Manejo del Epoxi

3.3.1 Dosificación

La mayoría de los problemas relacionados con el curado del epoxi se deben a una proporción incorrecta en la mezcla de la resina con el endurecedor. Para simplificar la medición recomendamos utilizar las Mini Bombas calibradas WEST SYSTEM para dosificar la resina y el endurecedor.

Mini Bombas

Las Mini Bombas 301 suministran a razón de 5 a 1 por peso en la utilización de Resina 105 con los Endurecedores 205 ó 206.

Las Mini Bombas con Proporción Especial 303 suministran a razón de 3 a 1 por peso en la utilización de Resina 105 con los Endurecedores 207 o 209.



Ambas bombas proporcionarán la dosificación correcta con una sola embolada de la bomba de resina por cada embolada de la bomba del endurecedor.

Antes de usar el primer lote mezclado para un proyecto, verifique la proporción correcta de acuerdo con las instrucciones que acompañan a las bombas. Vuelva a comprobar la proporción si en algún momento se encuentra con problemas en el curado.

Para verificar el volumen proporcionado por las mini bombas, y para confirmar la proporción correcta por peso, determine el peso de los componentes de la siguiente manera:

Resina 105 con Endurecedor 205 o 206: combine cinco partes de resina con una parte de endurecedor por peso.

Resina 105 con Endurecedor 207 o 209: combine tres partes de resina con una parte de endurecedor por peso.

Vierta siempre la resina y el endurecedor WEST SYSTEM en recipientes limpios de plástico, metal o papel encerado. No use cristal o caucho espumoso por el peligro que entraña la liberación de calor producida por la reacción exotérmica.

3.3.2 Mezclado

La mezcla del epoxi involucra tres pasos separados:

1. Vierta la proporción correcta de resina y endurecedor en un bote para mezclar. Si no está familiarizado con la vida útil o la capacidad de recubrimiento del epoxi, empiece con una dosis pequeña.
2. Mezcle los dos ingredientes completamente con un bastón mezclador de madera (se recomienda de 2 a 3 minutos). Rebañe los costados y el fondo del bote durante el mezclado. Utilice un bastón mezclador para alcanzar el borde inferior interno del bote.
3. Si se requieren aditivos como pigmentos y rellenos, mézclelos hasta que queden totalmente integrados en la mezcla.

Si se usa la mezcla en una cubeta para rodillo, mezcle la resina/endurecedor en un bote y luego traslade la mezcla a la cubeta. No se debe utilizar un mezclador mecánico a menos que se consiga rebañar completamente los costados y los rincones del bote durante el proceso de mezclado.

¡AVISO! La reacción química del curado del epoxi genera calor. Si se deja el epoxi en un recipiente de plástico durante toda su vida útil de aplicación, el plástico se derretirá. Si un bote con mezcla epoxi comienza a sufrir una reacción exotérmica (se calienta), debe trasladarse inmediatamente al aire libre. La mezcla no se debe tirar hasta que la reacción haya finalizado y la mezcla se haya enfriado.

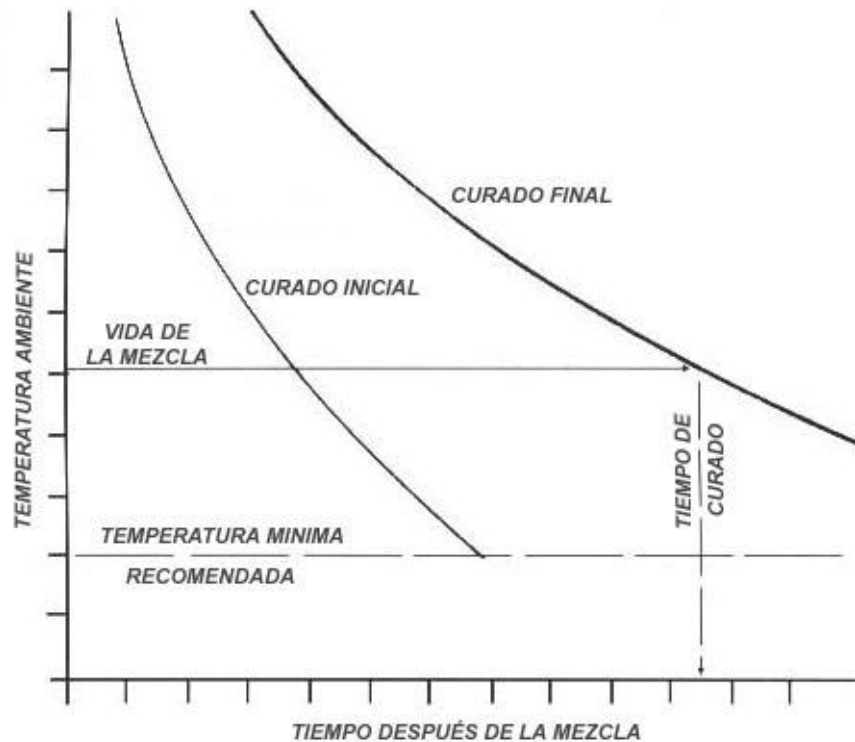


Figura 3.4 Todas las combinaciones de resina/endurecedor WEST SYSTEM pasan por las mismas etapas de curado. Fijese que a temperaturas más elevadas las etapas son más cortas.

3.3.3 Tiempo de Curado

La mezcla de resina con el endurecedor inicia una reacción química que gradualmente cambia los ingredientes combinados del estado líquido al estado sólido. Este periodo de transición se conoce generalmente como el tiempo de curado y puede dividirse en tres fases distintas. La *Figura 3.4* muestra las tres fases del curado:

1. Vida útil y tiempo de aplicación útil

La "Vida útil" o tiempo de trabajo es la fase del curado en la cual la resina/endurecedor se mantiene plástica y adecuada para su aplicación después del mezclado. El "Tiempo útil de aplicación" es la parte de la vida útil entre la aplicación del epoxi sobre la superficie y la última oportunidad para aplicar un elemento de sujeción antes de que el epoxi se haya curado demasiado para proporcionar un encolado fiable. Dado que la mezcla epoxi cura durante la aplicación y también dentro del recipiente de la mezcla, cuanto antes se aplique la mezcla mayor será la vida útil disponible para el ensamblado.

2. Curado inicial

La vida útil acaba cuando la mezcla alcanza una fase de curado inicial o parcial (a veces denominada fase verde). En ese estado el epoxi ya no es pegajoso y la reacción parece haber alcanzado su final. Entonces es suficientemente duro para poder modelarlo con limas o cepillos pero demasiado blando para lijarlo.

Es todavía posible hacerle una muesca con la uña del pulgar. En esta etapa también puede ser encolado o recubierto sin lijarlo.

3. Curado final

En la fase de curado final el compuesto epoxi ha curado lo suficiente para poder ser lijado y modelado y debe ser lijado antes de su recubrimiento. No es posible hacerle una muesca con la uña del pulgar, En esta etapa el epoxi habrá alcanzado el 90% de su resistencia final y las sujeciones pueden ser retiradas. El epoxi continuará curando durante varios días a temperatura ambiental.

3.3.4 Control del tiempo de curado

La vida útil, el tiempo de aplicación útil y el periodo total de curado de una mezcla epoxi se ven afectados por varios factores:

1. Tipo de endurecedor

Cada combinación de resina/endurecedor pasa por las mismas fases de curado pero con diferentes periodos de tiempo. La Sección 3.2 lista los endurecedores con sus vidas útiles y tiempos de curado. Se debe seleccionar el endurecedor que de un tiempo adecuado de trabajo para la tarea en cuestión, teniendo en cuenta la temperatura y las condiciones bajo las que se va a efectuar el trabajo. También se puede variar la vida útil mezclando el Endurecedor Rápido 205 o el Endurecedor Lento 206. No obstante, es muy importante mantener la proporción correcta entre la resina y los endurecedores.

No se deben mezclar los Endurecedores 205 y 206 (proporción 5 a 1) con los Endurecedores 207 o 209 (proporción 3 a 1).

2. Cantidad a mezclar

La mezcla de la resina y el endurecedor produce una reacción exotérmica (produce calor). A mayor cantidad de mezcla mayor será el calor generado y más corta serán la vida útil y el tiempo de curado. Las dosis pequeñas de epoxi generan menos calor que las grandes y tienen vidas útiles y tiempos de curado más largos. Del mismo modo, una junta o capa gruesa de epoxi curará más rápidamente que una capa más fina.

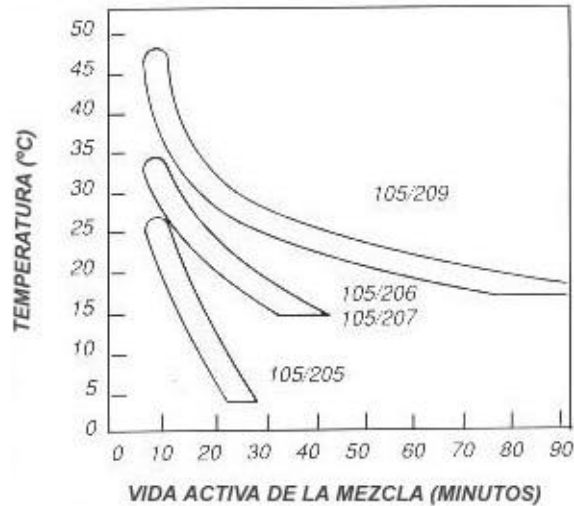


Figura 3.5 Vida útil/ temperatura para endurecedores WEST SYSTEM.
Humedad relativa = 30 % ; Cantidad de mezcla = 100g.

3. Temperatura

Para calentar el epoxi una vez aplicado y reducir el tiempo de curado se puede usar una pistola de aire caliente tipo industrial, un secador de pelo o una lámpara térmica y, a la inversa, se puede utilizar un ventilador para eliminar el calor de la superficie y alargar el tiempo de curado. **NO SE DEBE** calentar el epoxi a temperaturas superiores a 50°C. Es importante destacar que cuando se calienta epoxi que se ha aplicado a un material poroso como la madera, puede ocasionar una "desgasificación" (expansión de aire que sale del material y forma burbujas en la capa de epoxi). Esto sólo tiene importancia cuando se requiere un acabado transparente.

4. Tamaño del contenedor del epoxi

El calor generado por cierta cantidad de la mezcla de resina/endurecedor puede disiparse virtiendo el epoxi en un recipiente con un área superficial grande (por ej.: una cubeta para rodillo). De este modo se prolonga la vida útil de la mezcla.

Independientemente de las medidas adoptadas para controlar el tiempo de curado, una buena planificación de la aplicación y el ensamblado harán posible el máximo aprovechamiento de la vida de trabajo de la mezcla.

3.3.5 Limpieza

Elimine los excedentes o derrames de resina y de mezclas de epoxi con el Disolvente 850 o con acetona. Primero quite la mayoría del excedente o las salpicaduras de material con una rasqueta, un bastón de mezclar afilado o una espátula. Limpie los residuos con un trapo limpio o toallitas humedecidas con la Solución de Limpieza 855 o con vinagre si no dispone de un disolvente.

Si la piel entra en contacto con resinas, endurecedores o disolventes, se recomienda el uso de la Crema Limpiadora de Resina WEST SYSTEM 820, seguida de un lavado con abundante agua y jabón.

¡AVISO! NO APLIQUE DISOLVENTES DIRECTAMENTE SOBRE LA PIEL. CONSULTE LAS DIRECTRICES Y LAS INSTRUCCIONES DE SANIDAD Y SEGURIDAD DE LOS ENVASES DE DISOLVENTES ANTES DE SU USO.

3.4 Técnicas Básicas

Los procedimientos que se detallan a continuación constituyen las operaciones básicas que deberán realizarse independientemente del tipo de estructura o material del que se trate.

3.4.1 Preparación de la superficie

El éxito de la aplicación del epoxi, sea para encolado, laminado, modelado o aplicación de tejidos, no sólo depende de la resistencia del epoxi, sino también de la adherencia del mismo a la superficie de aplicación. Por esta razón, las tres medidas siguientes para la preparación de la superficie son imprescindibles en cualquier operación con epoxi.

1. Limpieza

Las superficies deben estar limpias de cualquier tipo de contaminación tal como aceite, grasa, cera o productos antimoho. Limpie las superficies sucias con el Disolvente WEST SYSTEM 850, acetona o quitamanchas de silicona o de cera. Después, limpie la superficie con toallitas de papel limpias antes de que se seque el disolvente. Limpie las superficies *antes* de lijar para evitar que la suciedad lijada se incorpore a la superficie.

¡PRECAUCIÓN! Siga todas las instrucciones de seguridad cuando trabaje con disolventes.

2. Secado

Las superficies de pegado deben estar lo más secas posible para obtener una buena adherencia. Si es necesario, acelere el secado calentando la superficie de encolado con pistolas de aire caliente, secadores de pelo o lámparas infrarrojas. Utilice ventiladores en espacios cerrados o reducidos.

Cuando trabaje al aire libre o haya variaciones en la temperatura del lugar de trabajo, puede haber condensaciones.

3. Lijado

Es necesario lijar a fondo las maderas duras y las superficies no porosas para obtener una superficie áspera. Se debe usar un papel de lija de óxido de aluminio de grano 80 para proporcionar un buen anclaje mecánico para el

epoxi. Asegúrese de que la superficie a encolar sea sólida. Quite escamas, polvo, burbujas o el antiguo recubrimiento antes de lijar. Limpie el polvo después del lijado.

Eliminación de manchas de amina

La mancha de amina es un derivado del proceso de curado del epoxi que puede aparecer como una película cerosa en las superficies epoxídicas durante la fase final del curado. La película es soluble en agua y se puede quitar fácilmente pero puede embozar el papel de lija e impedir el subsiguiente encolado si no se elimina. Lave a fondo la superficie con la Solución Limpiadora WEST SYSTEM 855, y a continuación realice un lavado adicional con agua limpia y una esponja o Scotch Brite. Seque la superficie con toallitas de papel blancas para eliminar la amina disuelta antes de que se seque sobre la superficie. Después del lavado con la esponja, la superficie debe tener una apariencia mate. Las áreas brillantes que queden deben lijarse con papel de lija de grano 80.

Cuándo se debe lijar

Si se puede marcar el epoxi con la uña del pulgar, no tiene la consistencia suficiente para el lijado y todavía se puede aplicar otra capa sin lijar. Si tiene dudas o la superficie es cerosa al tacto, deje que el epoxi cure completamente y luego lave y lije.

3.4.2 Encolado

Esta sección trata sobre dos tipos de encolado. El encolado en una etapa se utiliza a veces cuando la junta recibe cargas mínimas y una absorción excesiva en superficies porosas no representa un problema. El encolado en dos etapas es el método preferido en la mayoría de situaciones porque favorece la máxima penetración del epoxi dentro de la superficie de encolado y evita la falta de resina en las juntas.

Encolado en dos etapas

Antes de mezclar el epoxi, asegúrese de que todas las partes a encolar encajan debidamente y que la preparación de las superficies se ha llevado a cabo. Prepare todas las abrazaderas y herramientas necesarias para la operación y cubra las áreas que deban protegerse contra salpicaduras.

1. Imprimación

Aplique una mezcla pura de resina/endurecedor (sin aditivos) sobre las superficies a unir (*Figura 3-6*). Esto se llama imprimir la superficie. El epoxi se aplica con un pincel desechable en áreas pequeñas o estrechas o con un rodillo de goma esponjosa en áreas más grandes. Una superficie horizontal grande también puede imprimirse extendiendo la mezcla resina/endurecedor de forma uniforme con una espátula de plástico. Proceda de inmediato a la segunda etapa.

2. Aplicación del epoxi espesado

Modifique la mezcla de resina/endurecedor combinándola con el material de relleno apropiado hasta que sea lo suficientemente espesa como para rellenar cualquier hendidura entre las superficies a unir. Aplique una capa uniforme de mezcla espesada a una de las superficies a unir (*Figura 5*).

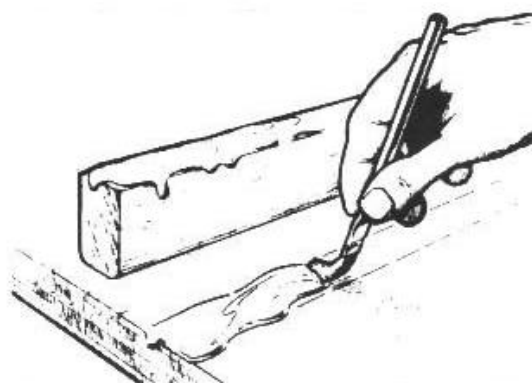


Figura 3-6 Imprima la superficie de encolado con epoxi no espesado para obtener una penetración máxima y para evitar la falta de resina en las juntas.

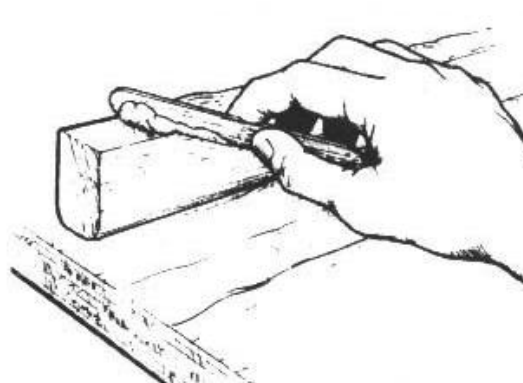


Figura 3-7 Aplique a una de las superficies de encolado la cantidad suficiente de epoxi para que, al ensamblar las piezas, el epoxi rebose de las juntas.

La mezcla espesada puede aplicarse inmediatamente sobre la superficie con una capa de epoxi o en cualquier momento antes de que el epoxi alcance su curado definitivo. Para la mayoría de los pequeños trabajos de encolado, añada el material de relleno al epoxi que haya quedado de la dosis usada para imprimir. Se debe mezclar suficiente resina/endurecedor para ambas etapas. Añada el material de relleno rápidamente después de imprimir las superficies y tenga en cuenta la vida útil de la mezcla.

Las superficies de epoxi completamente curadas que han sido lavadas y lijadas no necesitan ser imprimadas.

Aplique una cantidad suficiente de mezcla para que rebose una pequeña cantidad cuando una las dos superficies utilizando una fuerza equivalente a una sujeción firme.

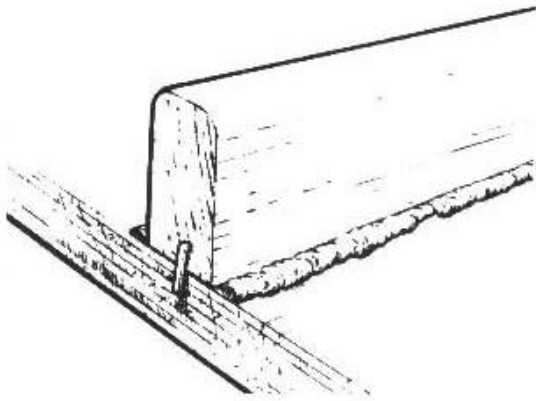


Figura 3-8 Si aplica la correcta cantidad de mezcla y presión de sujeción, una pequeña cantidad de epoxi espesado rebosará de la junta.

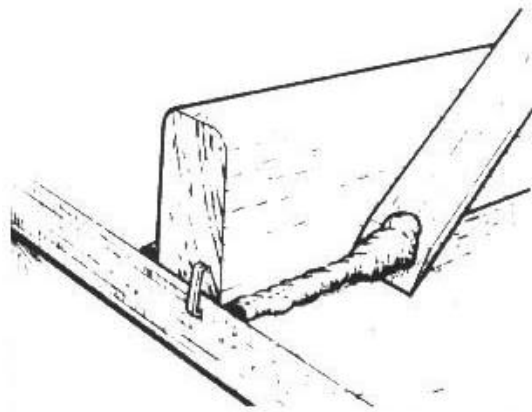


Figura 3-9 Retire el epoxi sobrante antes de que empiece a curar. Un bastón de mezclar afilado es una excelente herramienta de limpieza.

Encolado en una etapa

Se puede aplicar el epoxi espesado directamente sobre la pieza sin antes imprimir las superficies con resina/endurecedor. Se recomienda:

- (a) espesar el epoxi sólo lo suficiente para que cubra hendiduras en la junta (cuanto menos espesa sea la mezcla, más podrá penetrar en la superficie)
- (b) no usar este método en juntas que reciban grandes cargas o para el encolado de vetas a contrafibra u otras superficies porosas.

Medios de Sujeción

Cuando las partes a encolar estén posicionadas correctamente coloque los elementos de sujeción necesarios para mantener las partes en posición. Aplique una presión de sujeción suficiente para que rebose una pequeña cantidad de la mezcla espesada en la junta asegurando que el epoxi hace un buen contacto con las dos superficies de unión (*Figura 3-8*). Evite que toda la mezcla espesada de la junta rebose por aplicar demasiada presión.

Cualquier método de sujeción es adecuado siempre que las partes a unir queden sujetas de forma que no tenga lugar ningún movimiento. Los métodos de sujeción pueden incluir abrazaderas de muelle, torniquetes tipo "C" y sargentos, tiras de goma gruesas cortadas de una cámara de aire, cintas de embalar de nylon reforzado y objetos pesados. Si se colocan las abrazaderas cerca de áreas recubiertas de epoxi, es aconsejable poner algún material como hojas de polietileno o de "Peel Ply" debajo del elemento de sujeción para evitar que quede inadvertidamente encolado a la superficie. Otros sistemas, como tornillos y grapas, se utilizan a menudo y luego se retiran cuando los elementos convencionales no son adecuados. Cualquier elemento de sujeción que no vaya a quitarse deberá ser de una aleación no corrosiva, como es el bronce.

Se debe modelar o quitar cualquier exceso de epoxi que rebose de la junta tan pronto como se apliquen los elementos de sujeción. Un bastón mezclador de madera afilado como un formón es una herramienta ideal para eliminar el excedente (*Figura 3-9*).

3.4.3 Encolado con fileteado

El filete es una aplicación de epoxi espesado en forma de media caña que hace de puente en el ángulo interno de una junta. Es excelente en el encolado de piezas porque incrementa el área superficial del encolado y sirve a la vez de refuerzo estructural. Todas las juntas que se van a cubrir con fibra de vidrio necesitan un filete para apoyar el tejido en el ángulo interno de la junta.

El procedimiento para encolar con filetes es similar al encolado normal, con la excepción de que en vez de retirar el exceso de mezcla espesada que rebosa cuando los componentes se sujetan, la mezcla epoxi/relleno es modelada en forma de filete. Para filetes de mayor tamaño, se debe añadir una mezcla espesada a la junta una vez se haya terminado el encolado y antes de que el epoxi haya curado por completo, o en cualquier momento después del curado final y tras haber lijado el epoxi expuesto en el área a filetear.

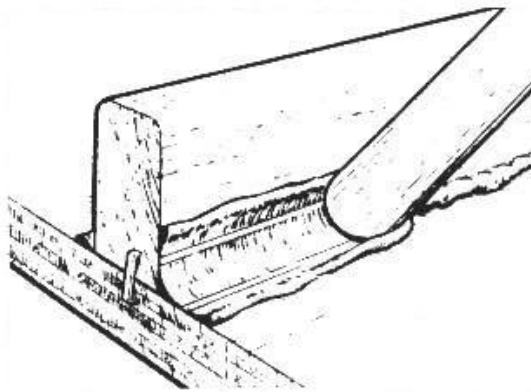


Figura 3-10 Modele y alise el filete con una herramienta de filetear redondeada

NOTA: AUMENTO DEL ÁREA DE ENCOLADO CON EL FILETE

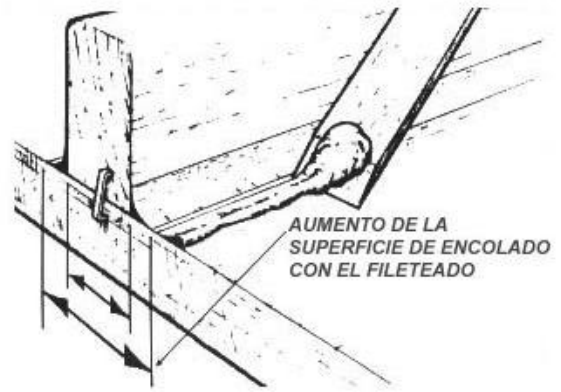


Figura 3-11 Limpie el epoxi que rebosa del margen antes de que haya curado.

1. Mezcle la resina y el endurecedor y añada el material de relleno hasta alcanzar una consistencia de manteca de cacahuete que no gotee.
2. Aplique la mezcla de fileteado a lo largo de la junta con una herramienta con la punta redondeada, usando la cantidad suficiente de epoxi para conseguir el tamaño de filete deseado. Para filetes más grandes o múltiples, pueden utilizarse depósitos vacíos de pistolas de calafateado o bolsas desechables para decoración de tartas. Corte la boquilla plástica del depósito o de la bolsa para aplicar un cordón de epoxi espesado lo suficientemente grande para el tamaño de filete deseado. También se pueden usar bolsas sellables de material fuerte para conservar alimentos, cortando una esquina.

3. Modele y alise el filete a lo largo de la junta con una herramienta de filetear redondeada (un bastón mezclador) arrastrando el material excedente delante de la herramienta y dejando un filete suave en forma de media caña con un margen limpio a cada lado. Algo del material de fileteado excedente quedará fuera de los márgenes (*Figura 3-10*). Use el material excedente para rellenar huecos. Alise el filete hasta quedar satisfecho con su aspecto. Un bastón de mezclar producirá un filete de unos 9mm de radio. Para filetes de mayor tamaño, se recomienda una Espátula de Plástico 808 cortada al perfil requerido o doblada al radio deseado.
4. Limpie el material excedente restante usando un bastón de mezclar afilado o una espátula para masilla (*Figura 3-11*). Puede aplicarse un tejido o cinta de fibra de vidrio sobre el área del filete antes de que el epoxi haya curado o después de que el epoxi haya curado y tras haberlo lijado.
5. Cuando el filete haya curado completamente, lije con papel de lija de grano 80 hasta obtener una superficie fina. Limpie el polvo de la superficie y aplique varias capas de resina/endurecedor sobre el área del filete antes del acabado definitivo.

3.4.4 Laminado

Este término se refiere al proceso de encolado de un número de chapas relativamente finas como contrachapados, chapas, tejidos u otros tipos de material base. Los métodos para la aplicación del epoxi y la forma de sujeción variarán de acuerdo con lo que se esté laminando.

Debido al tamaño de las superficies y a las limitaciones impuestas por el tiempo de imprimación se suele utilizar un rodillo para la aplicación del epoxi. Un método más rápido para superficies grandes es vertir la mezcla resina/endurecedor en medio del panel y esparcirla de forma uniforme mediante una espátula de plástico. Aplique la mezcla espesada de epoxi con una espátula dentada.

Cuando se cuenta con un soporte sólido para la sujeción, los métodos más habituales son las grapas o los tornillos.

Cuando se lamina una base que no acepta grapas o tornillos, como son los materiales de núcleo tipo espuma o alveolar, una distribución uniforme de pesas será suficiente.

El método ideal de sujeción es el uso de técnicas de vacío que mediante una bomba de vacío y bolsas de plástico aplica una presión perfectamente uniforme sobre todas las áreas del panel sea cual sea el tamaño, forma o número de capas.

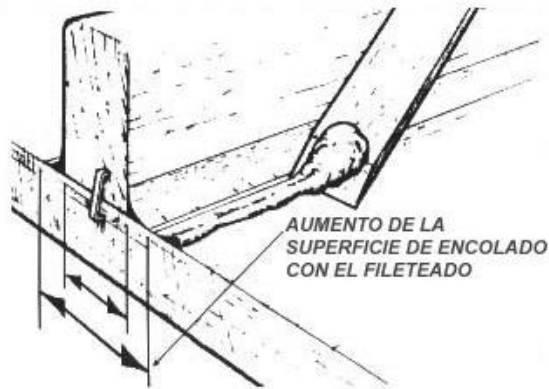


Figura 3-12 Imprima las superficies porosas antes de aplicar la mezcla espesada para enmasillar

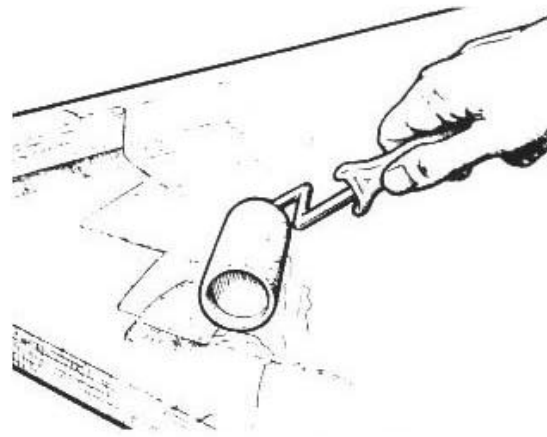


Figura 3-13 Aplique el epoxi/ relleno de baja densidad espesado rellenando los huecos y desigualdades con una espátula de plástico

Esta técnica, debido al equipo involucrado, suele utilizarse, aunque no de manera exclusiva, por los constructores profesionales. Para más información consulte TECNICAS AVANZADAS DE LAMINADO AL VACIO publicado por Gougeon Brothers Inc.

3.4.5 Enmasillado

El enmasillado consiste en rellenar y dar forma a áreas hundidas o desiguales para que se igualen con las áreas de su alrededor y darles un aspecto correcto tanto a la vista como al tacto. Después de haber finalizado reparaciones estructurales importantes, el enmasillado final se puede conseguir fácilmente con epoxi WEST SYSTEM y materiales de relleno de baja densidad.

1. Prepare la superficie de acuerdo con las recomendaciones de la Sección 3.4.1. Alise con lija cualquier protuberancia o cresta en la superficie y limpie todo el polvo en el área a enmasillar.
2. Imprima las superficies porosas con epoxi no espesado (*Figura 3-12*). Una vez curadas, lave y lije esas superficies de epoxi.
3. Mezcle, a la consistencia de manteca de cacahuete, la resina/endurecedor con uno de los materiales de relleno de baja densidad.
4. Aplique la mezcla espesada sobre la superficie imprimada con una espátula rellenando huecos y desigualdades. Dé a la mezcla epoxi/relleno la forma deseada dejando que sobresalga un poco sobre el área de alrededor (*Figura 3-13*).

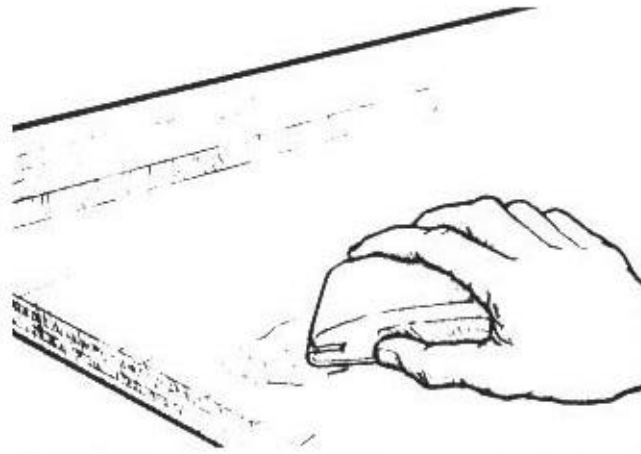


Figura 3-14 Lije la masilla a la forma deseada después de que el epoxi haya curado por completo.

Elimine excedentes de epoxi espesado antes del curado. Cuando rellene huecos de más de 12mm de profundidad, aplique la masilla en varias capas o use el Endurecedor Lento 206.

5. Deje que el recubrimiento final del epoxi espesado cure completamente.
6. Lije la masilla hasta que se ajuste con el contorno a su alrededor (*Figura 3-14*). Si necesita quitar mucha masilla, comience con papel de lija de grano 50. Use papel de lija de grano 80 con el bloque de lijar apropiado cuando se acerque al contorno final. Elimine el polvo del lijado y rellene cualquier hueco que quede siguiendo el mismo procedimiento.

¡PRECAUCION! No olvide el uso de una máscara antipolvo.

7. Cuando el enmasillado se considere satisfactorio, aplique varias capas de epoxi sobre el área con un pincel desechable o un rodillo. Deje que el recubrimiento final cure hasta el día siguiente antes de seguir con el lijado y acabado final.

3.4.6 Aplicación de tejidos y cintas

Un tejido de fibra de vidrio puede aplicarse con dos métodos distintos para proporcionar un refuerzo y/o una resistencia a la abrasión. Es común aplicarlo después de terminar el enmasillado y conformado y antes del recubrimiento final.

El método "húmedo" consiste en aplicar el tejido a una superficie recubierta de epoxi antes de que el recubrimiento inicie el curado.

El método "seco" es aplicar el tejido sobre una superficie seca y luego impregnar el tejido de fibra de vidrio con epoxi. **El método húmedo es el sistema preferido siempre que sea posible.**

El método húmedo

Utilizando pequeñas cantidades de mezcla de epoxi es posible trabajar a un ritmo cómodo sobre áreas grandes que necesitan refuerzo.

1. Prepare la superficie de la manera indicada en la Sección 3.4.1
2. Coloque y marque el tejido en posición y córtelo al tamaño requerido. Enrolle el tejido con cuidado para poder desenrollarlo cómodamente en posición más tarde.
3. Esparza una buena cantidad de epoxi sobre la superficie con un rodillo.
4. Desenrolle el tejido de fibra de vidrio en posición sobre la imprimación de epoxi. La tensión superficial retendrá la mayoría de los tejidos en posición. (Si el tejido tiene que ser aplicado en un plano vertical o en alto, se puede esperar hasta que el epoxi se ponga un poco pegajoso). Elimine las arrugas levantando el borde del tejido y alisando desde el centro con una mano enguantada o una espátula. El uso de un rodillo de espuma asegurará una impregnación total del tejido. Cuando corte un pliegue o una muesca en el tejido para tenderlo liso sobre una curva compuesta o una esquina, haga el corte con una tijera bien afilada y solape temporalmente los bordes.

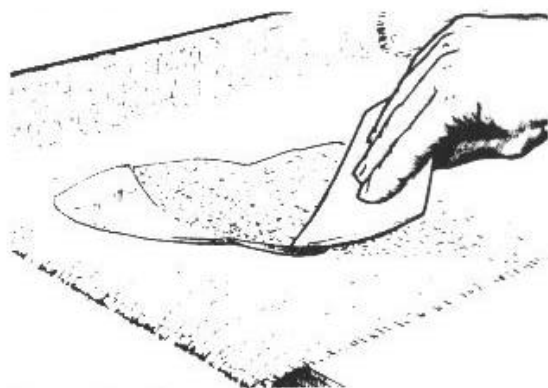


Figura 3-15 Esparza el epoxi desde el centro del tejido hacia los bordes con una espátula de plástico o un rodillo.

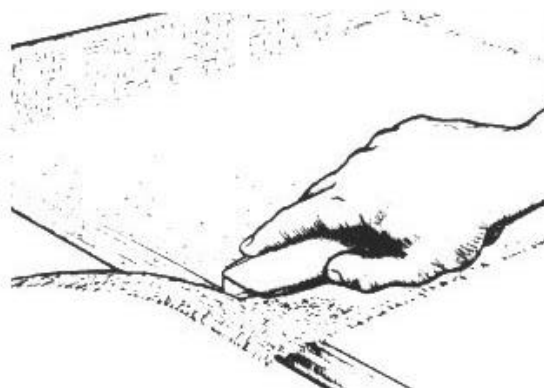


Figura 3-16 Recorte el tejido excedente cuando el epoxi empiece a curar. El tejido impregnado estará seco pero todavía flexible y se cortará con facilidad con una cuchilla para cartón-fibra bien afilada.

5. Cualquier área seca (con un aspecto de color blanco) deberá impregnarse con más epoxi usando un rodillo de espuma.
6. Retire con una espátula el epoxi sobrante antes de que la primera aplicación empiece a aglutinarse. Arrastre la espátula sobre el tejido con movimientos solapantes y con presión uniforme. El objetivo es eliminar el epoxi excedente que pueda ocasionar un deslizamiento fuera de posición del tejido pero evitar crear puntos secos con un uso agresivo de la espátula. El epoxi excedente aparecerá como un área brillante mientras que una superficie impregnada correctamente tendrá una apariencia uniformemente transparente con una textura de tejido suave. Los recubrimientos de epoxi posteriores llenarán el tejido.

7. Se pueden aplicar más capas de tejidos inmediatamente repitiendo las etapas anteriores.
8. Recorte el tejido excedente y solapado cuando el epoxi haya empezado a curar. El tejido se cortará fácilmente con una cuchilla para cartón-fibra (*Figura 3-16*). El recorte del tejido solapado se realiza de la siguiente manera:
 - a. Coloque un reglón de metal encima y equidistante a los dos bordes solapados.
 - b. Corte las dos capas de tejido con una cuchilla para cartón-fibra bien afilada.
 - c. Retire el recorte superior y levante el borde opuesto para retirar el recorte solapado (*Figura 3-17*).
 - d. Vuelva a impregnar con epoxi la superficie inferior del borde levantado y alíselo.

El resultado deberá ser una junta normal casi perfecta que elimine un espesor doble de tejido. Sin embargo, una junta solapada es más fuerte que una junta normal y, si el acabado no es importante, puede ser conveniente mantener el solape y luego modelar la desigualdad después del recubrimiento.

Si la superficie va a ser pintada, cualquier irregularidad o desnivel que quede entre el tejido y el sustrato puede ser modelado con un compuesto epoxi/relleno para modelar. Cualquier modelado adicional que se realice después de la aplicación de la última capa de tejido de fibra de vidrio deberá recibir varias capas adicionales de epoxi sobre el área modelada.

9. Aplique epoxi a la superficie para rellenar el tejido antes de que la imprimación alcance la fase de curado final (*Figura 3-18*). Aplique los procedimientos para el recubrimiento final de la Sección 3.4.7. Se necesitarán dos o tres capas para rellenar el tejido completamente y poder llevar a cabo un lijado sin afectar al tejido.



Figura 3-17 Recorte el tejido solapado usando un reglón de metal y una cuchilla de cortar cartón-fibra para obtener una junta llana.

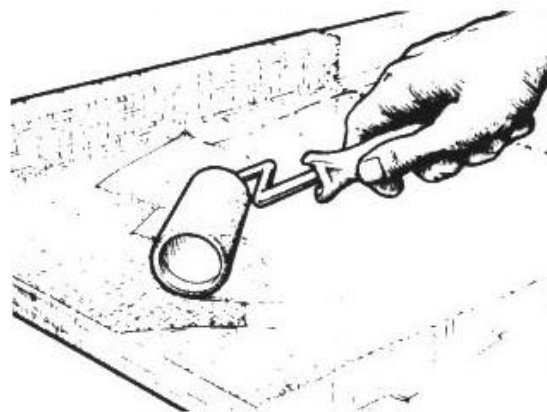


Figura 3-18 Aplique la primera capa de epoxi para rellenar el tejido antes de que la capa de imprimación haya alcanzado su etapa final de curado.

Método seco

1. Prepare la superficie de la manera descrita en la Sección 3.4.1.
2. Coloque el tejido sobre la superficie y recórtelo unos centímetros más por todos los lados. Si el área de la superficie a cubrir es mayor que el tamaño del tejido, deje una solapa de cinco centímetros entre las distintas piezas. En las superficies inclinadas o en vertical puede que sea necesario sostener el tejido en posición con una cinta encubridora o con grapas.
3. Mezcle una pequeña cantidad de epoxi (tres o cuatro emboladas de las bombas de resina y endurecedor).
4. Vierta un pequeño "charco" de epoxi en el centro del tejido.
5. Esparza el epoxi sobre la superficie del tejido con una Espátula de Plástico 808 repartiendo suavemente el epoxi desde el "charco" hacia las áreas secas (*Figura 3-15*). Al impregnarse, el tejido se volverá transparente lo que indicará que ha absorbido suficiente epoxi. Si se aplica sobre una superficie porosa, asegúrese de que hay suficiente epoxi para ser absorbido tanto por el tejido como por la superficie en que descansa. Las áreas secas destacarán por ser más blancas y menos transparentes que las áreas bien imprimadas. Intente limitar la operación de esparcimiento al mínimo ya que un "trabajo" excesivo sobre la superficie imprimada produce microburbujas de aire que se quedan en suspensión en el epoxi. Esto es especialmente importante cuando se requiere un acabado transparente. También se puede usar un rodillo o un pincel para aplicar el epoxi a una superficie horizontal y éstos son esenciales en las aplicaciones de tejidos sobre superficies verticales.
6. Continúe vertiendo y esparciendo (con espátula o rodillo) las pequeñas dosis de epoxi desde el centro del tejido hacia los bordes, alisando arrugas y colocando el tejido. Inspeccione en busca de áreas secas (especialmente con superficies porosas) y vuelva a impregnar donde sea necesario antes de proceder a la etapa siguiente. Si se recorta un pliegue o una muesca en el tejido para colocarlo llano sobre una curva compuesta o una esquina, haga el recorte con unas tijeras afiladas y solape los bordes temporalmente.

Siga las etapas 6, 7 8 y 9 del método húmedo para terminar el proceso.

3.4.7 Recubrimiento final de epoxi

El propósito de este recubrimiento es proporcionar una capa de epoxi que suponga una barrera eficaz contra la humedad y una base con textura suave para el acabado final.

Aplique un mínimo de dos capas de epoxi WEST SYSTEM para obtener una barrera eficaz contra la humedad. Si tiene intención de llevar a cabo un lijado será necesario aplicar tres capas de epoxi. La protección contra la humedad aumenta cuando se aplican capas adicionales con un límite de seis capas o

un espesor de cerca de 500 micras. No se deben añadir aditivos o pigmentos a la primera capa.

Se recomienda no mezclar disolvente con epoxi WEST SYSTEM.

Mientras se lleva a cabo el recubrimiento, hay que recordar que cuanto más fina sea la película, más fácil será controlar su uniformidad, evitando así que se corra o se formen depresiones en cada capa.

El uso de rodillos de poliuretano finos desechables, como los Recambios de Rodillo WEST SYSTEM 800, permite un mayor control sobre el espesor de la película, disminuye la probabilidad de que el epoxi desprenda calor y deja menos grano sobre la superficie que los rodillos con cubiertas más gruesas. Corte las cubiertas a medidas más estrechas para poder acceder a áreas difíciles o para trabajar sobre superficies largas pero estrechas, como son los palmejares.

Finalice todo el modelado y la aplicación de tejidos antes de comenzar con el recubrimiento final. Deje que la temperatura de las superficies porosas se estabilice antes de efectuar el recubrimiento, ya que, conforme se calienta el material, el aire que hay debajo de la superficie se expande y se escapa a través del recubrimiento (desgasificación) dejando burbujas en la superficie del recubrimiento curado.

1. Prepare la superficie del modo preciso (Sección 3.4.2).
2. Mezcle sólo la cantidad de resina/endurecedor que se puede aplicar durante la vida útil de la mezcla. Vierta la mezcla en una cubeta para rodillos cuando la haya mezclado a fondo.
3. Impregne el rodillo con una cantidad moderada de epoxi. Quite el excedente en el escurridor de la cubeta para obtener una capa uniforme sobre el rodillo.
4. Extienda ligeramente y sin orden el epoxi por un área aproximada de 60 x 60 cm para depositar el epoxi uniformemente sobre el área (Figura 3-19).

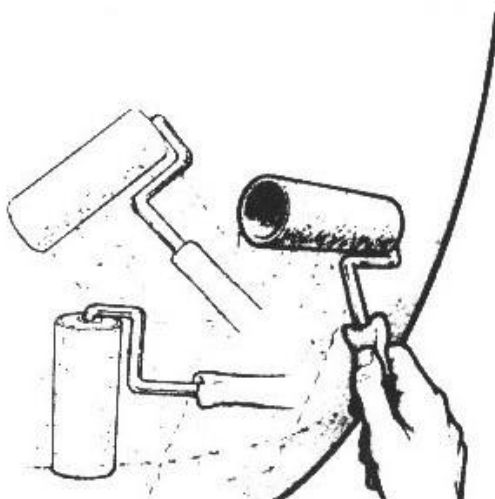


Figura 3-19 Aplique el epoxi en capas finas y uniformes usando un rodillo de espuma fino.

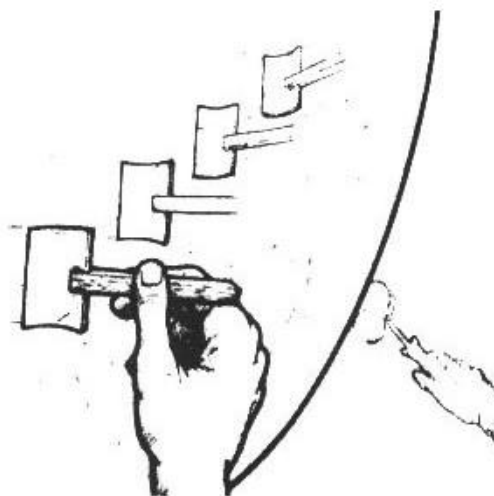


Figura 3-20 Peine la capa fresca de epoxi con una brocha de espuma para eliminar burbujas y marcas del rodillo.

5. A medida que el rodillo se seque, aumente la presión para esparcir el epoxi y formar una película fina y uniforme. Si es necesario, aumente la superficie de recubrimiento para obtener una película más fina y uniforme.
6. Acabe con movimientos del rodillo largos, suaves y uniformes para reducir las marcas del rodillo. Solape el área cubierta anteriormente para mezclar ambas áreas.

Recubra tantas áreas de trabajo pequeñas como esta, como le sea posible con cada lote. Si un lote empieza a espesarse antes de poder aplicarlo, deséchelo y prepare un lote nuevo más pequeño.

7. Una vez aplicada una dosis, pase una brocha de espuma con pasadas largas, ligeras, uniformes y solapadas sobre el epoxi fresco. Aplique la suficiente presión para eliminar el grano pero sin quitar parte del recubrimiento (*Figura 3-20*).

Nuevo recubrimiento

Aplique una segunda capa, y las demás, siguiendo el mismo procedimiento. Asegúrese de que la capa anterior ha curado con la firmeza necesaria para soportar el peso de la siguiente. Para evitar tener que lijar, aplique todas las capas el mismo día. Consulte *Eliminación de manchas de amina* y *Cuándo se puede lijar* en la Sección 3.4.1. Después de que la capa final haya curado durante 48 horas, lave con agua dulce y lije para preparar la superficie para el acabado final.

3.4.8 Acabado

Unas técnicas de acabado correctas no sólo darán belleza a la superficie del acabado, sino que también protegerán el trabajo contra los rayos ultravioleta que, pasado mucho tiempo, destruirían el epoxi. Los métodos más comunes para acabados son la pintura o el barniz. Estos sistemas de recubrimiento protegen al epoxi de los rayos ultravioleta, pero requieren de una preparación correcta de la superficie antes de su aplicación.

Preparación de la superficie final

La preparación para el acabado final tiene la misma importancia que la que requiere el recubrimiento con epoxi. Primero la superficie tiene que estar limpia, seca y lijada (Sección 3.4.2).

1. Espere hasta que la capa final de epoxi haya curado completamente.
2. Lave la superficie con agua y un Scotch-Brite.
3. Lije para obtener un acabado suave. La cantidad necesaria de lijado dependerá del cuidado con que fueron aplicadas las últimas capas de epoxi y del sistema de acabado seleccionado.

Si en la superficie hay áreas en las que el epoxi se ha corrido o se ha

hundido, comience a lijar con papel de grano 80 para eliminar las áreas sobresalientes. Lije hasta que la superficie resulte correcta a la vista y al tacto. Entonces cambie a un papel de lija húmedo o seco de grano 120. Mucha gente prefiere el lijado húmedo porque reduce el polvo de lijado. Después de eliminar los arañazos de la lija de grano 80, utilice otra de grano 220 y vaya reduciendo el grano hasta el que se requiera en cada caso. Si se va a utilizar un imprimador, por lo general el grano 80 será suficiente. Cuando se sienta satisfecho con la textura y el aspecto de la superficie, enjuáguela con agua dulce y séquela con toallitas de papel limpias.

Proceda a la operación de recubrimiento final y siga las instrucciones del fabricante de la pintura/barniz. Sugerimos que utilice un panel de prueba para evaluar el nivel necesario de preparación de la superficie y comprobar la compatibilidad del sistema de acabado.

Si se va a aplicar un antiincrustante es de especial importancia obtener los consejos del fabricante sobre la necesidad de usar una imprimación.

Sección 4

Podredumbre Seca Localizada

La reparación de pequeñas áreas de podredumbre seca suele ser la reparación más común en embarcaciones de madera. La mayoría de las estructuras contienen muchas áreas pequeñas aisladas con poca ventilación que pueden retener la humedad y esconder la podredumbre seca. Estos focos de podredumbre seca pueden, en muchas ocasiones, ser reparados en su lugar extrayendo el material dañado y rellenando la cavidad.

4.1 Extraer y rellenar

Quite toda la madera que note dañada por la podredumbre seca asegurando un borde sano a buena distancia alrededor del daño. Utilice un formón para extraer toda la madera podrida dejando una cavidad limpia de madera sana y sólida en todas las direcciones (*Figura 4-1*). El tamaño de la cavidad expuesta determinará cuál de los dos métodos de relleno es el más apropiado. Rellene las cavidades pequeñas sólidamente con epoxi espesado y rellene las cavidades más grandes encolando un "injerto" en su lugar (pieza de madera conformada para llenar la cavidad).

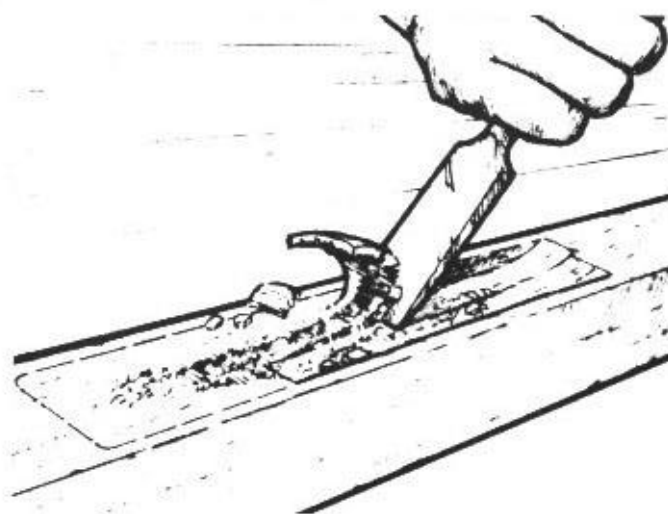


Figura 4-1 Utilice un formón para excavar una cavidad mayor que la de la madera dañada.

La decisión de llenar la cavidad con epoxi o con madera se basa en la conveniencia, la factibilidad y el aspecto económico. Un tallado complejo de piezas de madera para encajarlas en áreas difíciles de alcanzar puede requerir mucho tiempo y esfuerzo. En esos casos, un relleno con epoxi resultará más provechoso. Sin embargo, este método supondrá mayor peso y coste que el relleno con madera. Además, debido a la reacción exotérmica, existe un límite en la cantidad de epoxi que se puede usar para rellenar cavidades - aproximadamente una capa de 12mm o un volumen del tamaño de una pelota de golf. Un volumen mayor se calentaría, generaría espuma y debilitaría apreciablemente el epoxi.

Aunque, para evitar la exotermia, se puede usar el endurecedor lento y el epoxi puede ser aplicado en varias capas, en la práctica hay límites en cuanto al tamaño de la cavidad que puede ser rellenada con epoxi.

4.1.1 Rellenar con epoxi

La manera más conveniente para rellenar pequeñas cavidades con epoxi espesado es la siguiente:

1. Prepare la superficie (Sección 3.4.1). Asegúrese de que el área está completamente seca.
2. Impregne el área de la reparación con una mezcla de resina/endurecedor.
3. Llene la cavidad con epoxi espesado con un aditivo de alta densidad (406, 404 o 403) hasta obtener una consistencia de manteca de cacahuete. Introduzca el epoxi en el hueco con una espátula o un bastón de mezclar (Figura 4-2). Alise la mezcla al ras de la superficie y retire cualquier excedente antes de que la mezcla cure.
4. Espere hasta que la mezcla haya curado por completo antes de lijar.

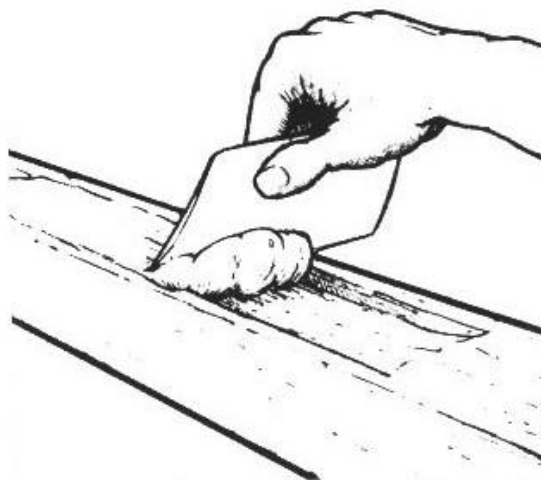


Figura 4-2 Introduzca epoxi espesado en los huecos pequeños.

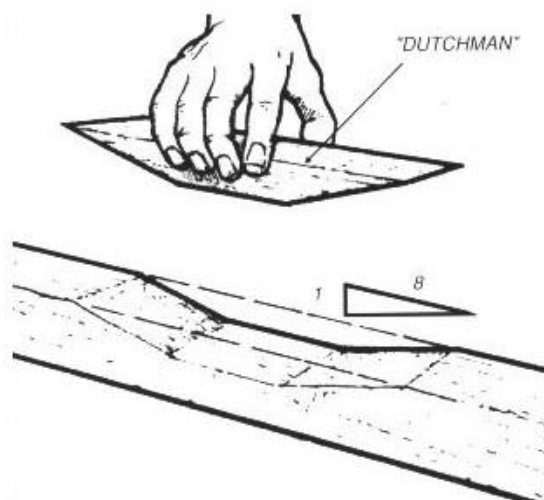


Figura 4-3 Encole un injerto en las cavidades más grandes. Bisele los extremos de la cavidad y del injerto para que queden bien ajustados.

4.1.2 Rellenar con madera

Siempre que sea posible, las cavidades más grandes se deberán rellenar con madera. Este método restituye la resistencia original de la madera. El procedimiento involucra el tallado de un injerto conformado al hueco y su encolado en posición con epoxi.

1. Prepare el injerto usando, si es posible, el mismo tipo de madera. Si es necesario, rebaje la cavidad en forma geométrica para facilitar el asentamiento del taco. Bisele los extremos de la cavidad. Cuanto más largo sea el bisel en los lados que la madera toca a contraveta, más resistente será la reparación (Figura 4-3). Un bisel de 8-1 (8cm de largo

- por cada 1cm de profundidad) o más, se acercaría a la resistencia original de la madera. Compruebe que el injerto encaja. No es necesario un ajuste perfecto porque puede utilizar epoxi espesado para llenar huecos bastante grandes. Prepare las superficies para el encolado (Sección 3.4.1).
2. Impregne las superficies de encolado de la cavidad y del taco con una mezcla de resina/endurecedor.
 3. Aplique epoxi/aditivo de alta densidad (406, 404 o 403), espesado a una consistencia de mayonesa, a las superficies de la cavidad. Usando el bastón mezclador aplique suficiente mezcla espesada para rellenar cualquier grieta.
 4. Introduzca el taco en posición. El epoxi espesado deberá rebosar por la junta.
 5. Sujete el taco en su posición. Se pueden usar pesas o grapas para sujetarlo hasta que el epoxi haya curado.
 6. Espere hasta que haya curado por completo antes de retirar los elementos de sujeción y antes de lijar.

4.2 Taladrar y rellenar

Otro método común pero menos efectivo para tratar las áreas de podredumbre, es taladrar una matriz de agujeros en el área afectada e inyectar epoxi en los agujeros para penetrar y estabilizar el área. Este método debe adoptarse en último caso, especialmente si la resistencia de la madera está en un punto crítico. El problema principal con este método es que no se sabe el grado de penetración del epoxi en la madera dañada. Las pruebas de las propiedades físicas de muestras reparadas demuestran que la calidad de taladrar y rellenar es inferior a extraer y rellenar. Además, taladrar y rellenar es imposible en superficies del techo y difícil en superficies verticales. No obstante, puede ser útil en ciertas situaciones en las que no se requiera el máximo de resistencia o en las que el área de podredumbre sea difícil de alcanzar para efectuar un saneado y un relleno. Si se selecciona este método, se recomienda lo siguiente:

1. Taladre una matriz de agujeros de 0,5mm de diámetro en el área de podredumbre. Espacie los agujeros entre sí unos 25mm o menos entre centros en todas las direcciones. Taladre cada agujero a una profundidad suficiente para atravesar la podredumbre y justo penetrar en la madera sana. En casos de superficies verticales, taladre los agujeros aproximadamente 45° inclinados hacia abajo.
2. Seque el área completamente. Si es necesario, use pistolas de aire caliente o ventiladores para acelerar el secado.
3. Inyecte o vierta una mezcla de resina/endurecedor en los agujeros. Una mezcla de resina/endurecedor calentada tendrá menos viscosidad, se deslizará con mayor facilidad y penetrará más a fondo en la veta a contrafibra que haya quedado expuesta. El Endurecedor Lento 206 penetra a mayores profundidades que el endurecedor 205 antes de

comenzar a aglutinarse (*Figura 4-4*).

4. Continúe inyectando o vertiendo epoxi dentro de los agujeros hasta que la madera esté saturada y no pueda absorber más epoxi.
5. Si lo desea, rellene los huecos que queden con epoxi espesado después de que el epoxi haya alcanzado su curado inicial. Utilice una mezcla de epoxi/aditivo de baja densidad para un modelado estético de la superficie (*Sección 3.4.5*) (*Figura 4-5*).

4.2.1 Diluir epoxi

Existen productos epoxídicos diseñados específicamente para penetrar y reforzar la madera podrida. Estos productos, básicamente un epoxi diluido con disolventes, proporcionarán una mayor penetración en la madera, pero los disolventes ponen en peligro la resistencia y las propiedades antihumedad del sistema de resina. A menudo nos preguntan si el epoxi WEST SYSTEM puede ser diluido con disolventes para obtener una mayor penetración.

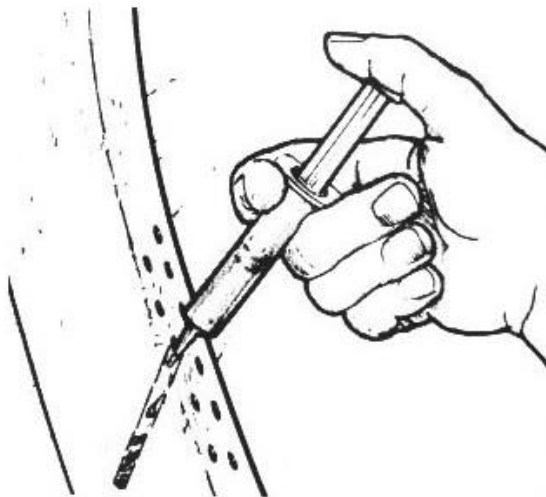


Figura 4-4 *Inyecte una mezcla de resina/endurecedor dentro de los agujeros hasta que la madera dañada no pueda absorber más.*



Figura 4-5 *Rellene los huecos que queden con masilla de modelar.*

La respuesta es afirmativa, pero no sin cierto riesgo en la resistencia y la protección contra la humedad del sistema curado. La acetona, el tolueno y el MEK se han utilizado para diluir el epoxi WEST SYSTEM y duplicar su penetración obteniendo más o menos la misma efectividad. Si decide diluir la viscosidad del epoxi, debe tener en cuenta que la resistencia y la protección contra la humedad del material curado final se reducen en proporción a la cantidad de disolvente añadido.

Una solución que nosotros recomendamos y que es mejor para obtener una buena penetración sin que haya pérdida de resistencia o de protección contra la humedad, consiste en un calentamiento moderado del área de la reparación y del epoxi con una pistola de aire caliente o lámpara infrarrojos. El epoxi tiene una viscosidad más baja y se consigue una penetración más profunda cuando se calienta y se pone en contacto con las cavidades y poros de madera calentada. En ese caso, el tiempo de trabajo del epoxi se acortará apreciablemente, pero los endurecedores lentos (206, 207, 209) tendrán una

vida útil más prolongada y penetrarán más que el Endurecedor 205 antes de comenzar a aglutinarse. Cuando el epoxi haya curado, conservará toda su resistencia y su efectividad como barrera contra la humedad, lo cual, en nuestra opinión, supera con creces cualquier ventaja obtenida con la adición de disolventes al epoxi.

4.3 Refuerzo

Cuando se reparan áreas de podredumbre seca con fibras sintéticas como la fibra de vidrio, la fibra de carbono o el Kevlar® en proporciones apropiadas con epoxi, se puede obtener mayor resistencia a la tracción.

Consulte la Sección 3.4.6 para información sobre la aplicación. El refuerzo se aplica después de que la podredumbre seca haya sido extraída y rellenado el hueco, o taladrada y rellenada.

También se han utilizado con excelentes resultados para refuerzo y unión de piezas, barras roscadas de acero inoxidable. La barra puede ser encolada en piezas taladradas o ranuradas constituyendo una clavija estructural que unirá partes individuales o separadas. Consulte la Sección 7.1 para la información relacionada con el encolado de barras roscadas.

Sección 5

Reparaciones del Armazón Estructural

Siempre se debe cambiar o reforzar *in situ* cualquier pieza estructural que haya perdido la capacidad de soportar la carga para la que fue diseñada. El armazón estructural incluye la quilla, la roda, las cuadernas del casco, los palmejares, los baos de cubierta, los durmientes, los sotadurmientes, las curvas, los puntales de refuerzo y las bancadas. Todos estos elementos varían mucho en tamaño, forma y ubicación, pero tienen en común muchos problemas y técnicas de reparación para solucionarlos.

Las cuadernas pueden sufrir daños debido a la podredumbre seca o a impactos. Tras un impacto, las cuadernas suelen sufrir roturas múltiples. Si encuentra una cuaderna rota, revise las de alrededor, sobre todo las adyacentes. Las cuadernas del casco suelen romperse en los bordes de los palmejares, en la curva de sentina y en la curva inversa (especialmente a popa). Examine el casco por fuera en el área donde las cuadernas están dañadas para ver si hay una junta abierta o desnivelada en la tablazón. Si encuentra tablas fuera de sitio, deberá volver a colocar esas tablas (y las cuadernas) temporalmente en su sitio mediante presión o cualquier otro medio disponible. Utilice un apuntalamiento con calzos por fuera del casco y/o cuerdas y aparejos por dentro. Podrá comenzar la reparación de la cuaderna una vez la forma del casco haya sido restaurada.

La reparación de cuadernas consiste en sustituir estas o las secciones dañadas por otras de un material con una resistencia igual o superior. La laminación es un método eficaz de construir cuadernas y una técnica básica para la reparación de cuadernas que se describe en esta Sección.

5.1 Laminación de baos, cuadernas y rodas

Las cuadernas se pueden cortar de un bloque sólido o se les puede dar la forma al vapor si la intención es la restauración exacta de la estructura. Si se utilizan cuadernas curvadas al vapor, se debe dejar un periodo de tiempo suficiente para el secado completo de la cuaderna antes del encolado. Sin embargo, las cuadernas laminadas ofrecen muchas ventajas sobre las cuadernas curvadas al vapor, tanto estructuralmente como en la facilidad de construcción. Las cuadernas enteras o parciales pueden confeccionarse con varias capas delgadas de madera que dupliquen la forma y las dimensiones de la cuaderna dañada (Secciones 5.2, 5.3 y 5.4). No hay límites en el tamaño de las cuadernas que se pueden laminar. La laminación puede convertirse en el único método práctico o económico para duplicar partes estructurales de gran tamaño en vista de la creciente escasez de grandes escuadrías.

La nueva cuaderna puede laminarse con una simple plantilla fabricada de acuerdo con un patrón o, en ciertas ocasiones, directamente en su posición en el casco.

Se ofrecen a continuación algunos aspectos a tener en cuenta en la selección de la madera para laminar cuadernas:

1. Seleccione listones de madera del mismo tipo o de tipo similar a la cuaderna original.
2. Utilice listones de madera lo suficientemente finos para poder moldearlos fácilmente a la forma de la cuaderna original. Asegúrese de que colectivamente todos los listones pueden ser curvados a la forma requerida. Cuando se utiliza un número menor de listones pero de mayor espesor, para un grosor de cuaderna dado, se requieren mayores esfuerzos que tienen como resultado una pérdida de resistencia y un aumento en la recuperación elástica de la cuaderna doblada. El uso de un mayor número de listones más finos proporcionará mayor resistencia y menos recuperación elástica, aunque requerirá más trabajo y más epoxi para su construcción.
3. Utilice listones de la longitud total. Empiece con listones más largos que la cuaderna definitiva para permitir un recorte final.
4. El ancho de la nueva cuaderna debe ser igual al de la cuaderna original. Los listones pueden ser más anchos para permitir un recorte y acabado final después de que la cuaderna haya sido instalada.
5. Seleccione listones de madera curada. El contenido ideal de humedad es del 6 al 14%.

5.1.1 Laminado en una plantilla

Una plantilla de laminación permitirá laminar una nueva cuaderna dentro de un ambiente controlado en el taller. Use una cartulina u otro material conveniente para trazar la línea superior o inferior de la cuaderna dañada. Transfiera la línea del contorno a una de las plantillas de laminación ilustradas (*Figura 5-1*).

Lamine las cuadernas en una plantilla de la manera siguiente:

1. Prepare la plantilla y los listones de la manera propuesta. Efectue un ensayo para comprobar que los listones se doblan lo suficiente y que la plantilla y los elementos de sujeción pueden aceptar el doblado de todos los listones. Cubra la plantilla con plástico para evitar que la cuaderna termine encolada a la plantilla.

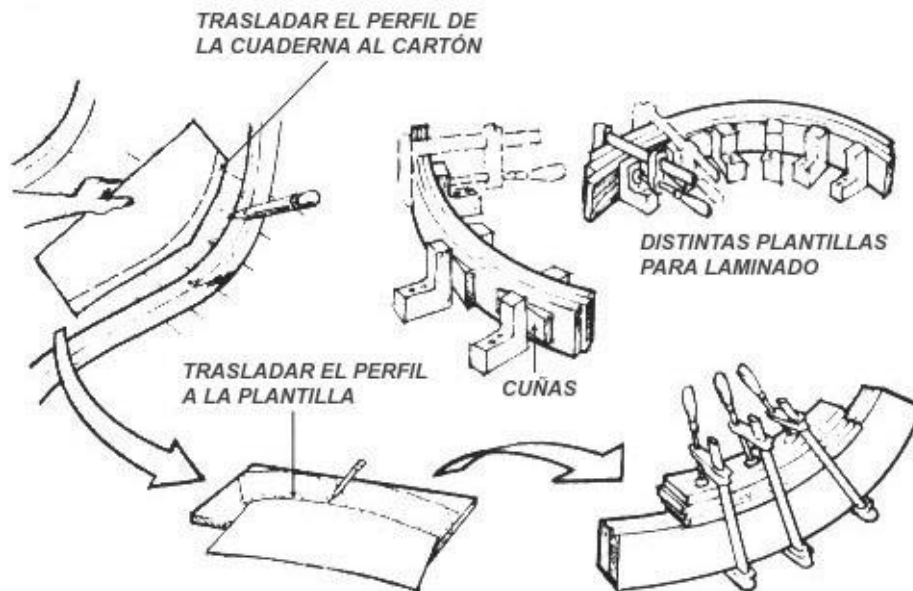


Figura 5-1 Transfiera la forma requerida a la plantilla

2. Impregne ambos lados de los listones con epoxi, excepto las caras externas de los listones de los extremos.
3. Aplique epoxi espesado a un lado de cada listón y apílelo en su lugar en la plantilla sobre el listón previo impregnado. Espese la mezcla del epoxi con el aditivo 406 a una consistencia de "ketchup". Asegúrese de que en cada una de las juntas hay una cara recubierta con epoxi espesado.
4. Sujete los listones a la plantilla hasta que el epoxi haya curado por completo (*Figura 5-2*). Use abrazaderas, cuñas, grapas o clavos pequeños hasta aplicar la presión necesaria para que rebose una pequeña cantidad de epoxi de cada junta.
5. Retire la cuaderna de la plantilla una vez que el epoxi haya curado completamente. No olvide prolongar el tiempo de curado si la temperatura es fría, especialmente en los casos en que se espera una gran recuperación elástica. Recorte la cuaderna para darle su forma definitiva y el acabado deseado.

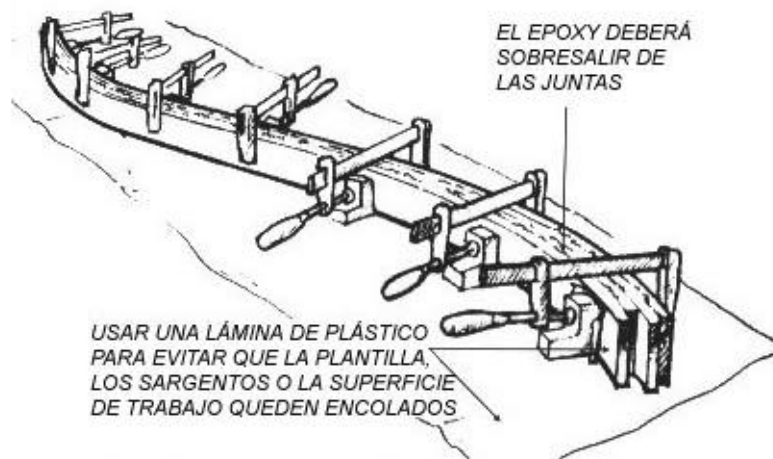


Figura 5-2 Sujete el número apropiado de listones impregnados a la plantilla. Recorte la cuaderna al tamaño requerido después de que el epoxy haya curado completamente.

5.1.2 Laminación de cuadernas in situ

La nueva cuaderna o sección de cuaderna puede, en ciertos casos, ser laminada directamente en su lugar en el casco. La estructura misma puede actuar como plantilla de laminación según una de las siguientes maneras:

- (a) Encole todos los listones permanentemente a la estructura en una operación continua, sea uno a la vez o todos al mismo tiempo, de acuerdo con el mejor método de sujeción disponible. Si un método temporal de sujeción no es factible, use tornillos o grapas no corrosibles para encolar un listón a la vez. Efectue una prueba para determinar cuál es el mejor método. Recorte todos los listones a su forma definitiva antes del encolado.
- (b) Encole todos los listones juntos en su sitio con un plástico sobre el área de contacto con el casco para impedir un encolado inmediato con el casco. Retire la cuaderna preparada y recórtela a su forma definitiva. Encole la nueva cuaderna a su lugar permanente de la manera descrita anteriormente.

5.2 Extracción y sustitución de cuadernas

A menudo, una cuaderna ha sufrido tanto daño que no se puede reparar y la mejor opción es reemplazarla. Reemplace una cuaderna dañada de la siguiente manera:

1. Asegure el casco y el resto de la estructura antes de retirar la(s) cuaderna(s). Si es necesario, deje colocadas algunas cuadernas dañadas para mantener la forma, reemplazándolas después de haber instalado las cuadernas nuevas. Retire todos los elementos de fijación que sujetan la cuaderna. Si es necesario, corte la cuaderna dañada en secciones para extraerla.

2. Lamine la cuaderna de sustitución de acuerdo con las instrucciones de la Sección 5.1.1. Si lo prefiere, corte o curve al vapor una cuaderna para que coincida con la cuaderna original. Recorte la cuaderna para que encaje.
3. Prepare la cuaderna y el área de contacto para el encolado. Evite encolar la cuaderna a cualquier elemento que tenga que retirar más adelante.
4. Instale la cuaderna. Impregne todas las áreas de contacto con epoxi. Aplique una mezcla espesada de epoxi/406 a una cara de cada área de contacto.
5. Sujete la cuaderna en su sitio hasta que el epoxi haya curado. Si los elementos de fijación de la antigua cuaderna van a volver a usarse, encólelos con epoxi.

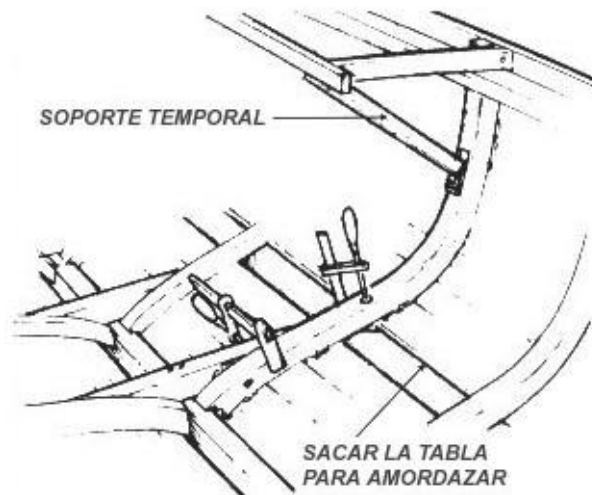


Figura 5-3 Instale la nueva cuaderna en el emplazamiento ocupado antes por la antigua cuaderna. La cuaderna se puede sujetar en su lugar mediante tirantes o tornillos hasta que el epoxi cure.

5.3 Extracción y sustitución de una sección dañada

El daño sufrido por una cuaderna a menudo está localizado en una pequeña sección o, en ocasiones, la cuaderna es difícil de extraer. Se puede reemplazar sólo la sección dañada restituyendo la resistencia a la cuaderna sin sacarla de su posición en la embarcación.

1. Extraiga la sección dañada de la cuaderna. Recorte los extremos que han quedado expuestos a un ángulo de bisel mínimo de 8 a 1 (*Figura 5-4*). *Cuanto más largo sea el ángulo del bisel, más resistente será la junta.* Cuando se reparan maderas duras o cuadermas que soportan grandes cargas, se debe cortar un ángulo de bisel más largo (12 a 1).
2. Lamine una pieza nueva un poco más grande que la sección extraída, o talle una nueva sección de un bloque sólido de madera usando madera del mismo tipo que la cuaderna original. Recorte la nueva sección para que encaje dentro del hueco en la cuaderna original. Corte un ángulo de bisel que encaje con los del hueco en cada extremo de la nueva sección de la cuaderna.

3. Prepare las superficies para el encolado. Recorte los extremos de la nueva pieza y de la cuaderna de manera que ajusten bien.

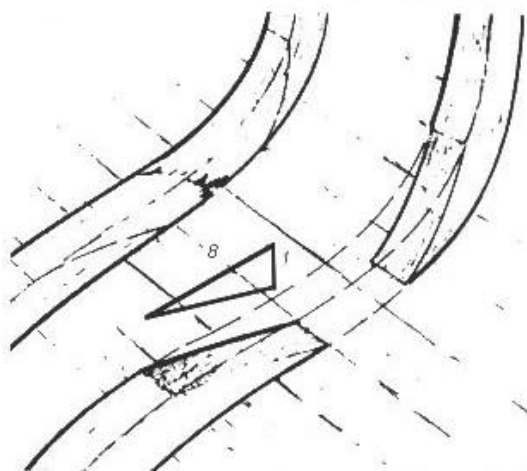


Figura 5-4 Corte y extraiga toda el área dañada dejando como mínimo un bisel de 8 a 1 en los extremos de la cuaderna dañada.

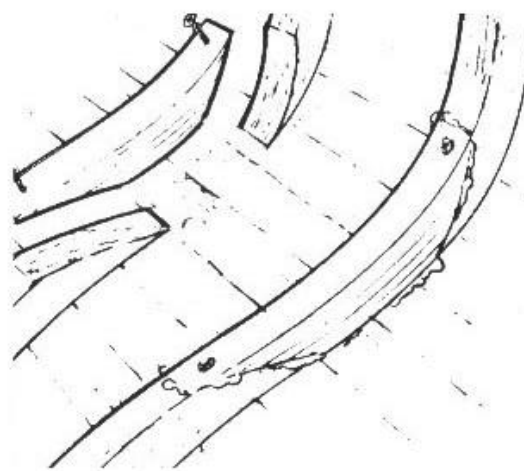


Figura 5-5 Encole una nueva sección laminada o sólida recortada para llenar el hueco en la cuaderna original.

4. Instale la nueva sección de cuaderna (*Figura 5-5*). Impregne las superficies de contacto de los extremos de la cuaderna original y de la nueva sección. Aplique una buena cantidad de mezcla espesada de epoxi/406 a una cara de cada área de contacto.
5. Sujete la sección en su lugar. Quite el excedente de epoxi antes de que cure. Retire los elementos de sujeción antes de que el epoxi cure completamente.

5.4 Instalación de cuadernas suplementadas o dobles

Las cuadernas dobles se encolan al lado de la cuaderna dañada para restaurar la resistencia original. Este método no es tan estético como la sustitución de la cuaderna, pero ahorrará tiempo, sobre todo si la cuaderna dañada es difícil de sacar. Las cuadernas dobles se instalan de la siguiente manera.

1. Lamine una cuaderna doble entera más larga que la cuaderna original y recórtela para que encaje ajustadamente con la sección dañada. Lamine una sección de cuaderna doble que se extienda, más allá del área dañada por ambos extremos, una distancia igual a doce veces el espesor de la cuaderna (*Figura 5-6*). Una cuaderna doble también puede ser tallada de una pieza. Use el mismo tipo de madera que la de la cuaderna original.



Figura 5-6 *Lamine una cuaderna doble parcial más larga que el área dañada*

2. Prepare las áreas de contacto de las dos cuaderñas y el forro para el encolado. Evite encolar las tablas o el contrachapado si éstos van a ser retirados posteriormente.
3. Instale la nueva sección de cuaderna. Impregne las superficies de contacto de la cuaderna original y de la nueva. Aplique una buena cantidad de la mezcla espesada de epoxi/406 a un lado de cada área de contacto.
4. Sujete la sección en su emplazamiento. Quite el excedente de epoxi antes de que cure. Retire los elementos de sujeción antes de que el epoxi cure por completo.

5.5 Reparaciones de juntas

Si las cuaderñas no están dañadas por podredumbre seca o impacto, se las puede encolar para dar más rigidez a la estructura y sellar las juntas contra la humedad.

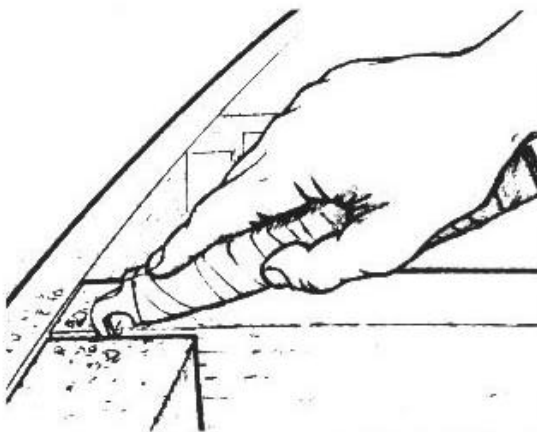


Figura 5-7 *Use una herramienta para raspar para limpiar y raspar las superficies de contacto de la junta.*

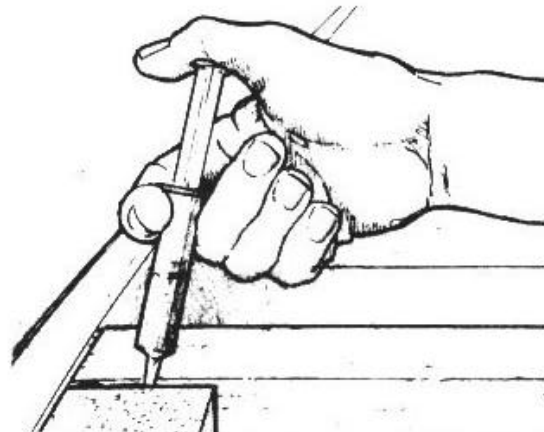


Figura 5-8 *Inyecte epoxi en la junta tan a fondo como sea posible.*

Retire el mayor número posible de cuadernas y encólelas en posición usando las técnicas normales de encolado de la Sección 3.4.2. Muchas de las cuadernas que no pueden ser extraídas pueden ser encoladas de la siguiente manera:

1. Soporte la embarcación para mantenerla en su forma correcta antes de encolar cualquier junta.
2. Abra el mayor número posible de juntas entre cuadernas y entre cuadernas y revestimiento exterior. Afloje los elementos de fijación donde sea posible. Se puede usar una pequeña palanca de pie de cabra o cuña para abrir la junta de forma provisional. Use la hoja de una sierra u otra herramienta puntiaguda para raspar el barniz, la pintura vieja o la suciedad de la junta (*Figura 5-7*). Limpie las superficies internas de la junta hasta llegar a la madera desnuda si es posible.
3. Impregne las superficies internas de contacto de la junta. Use una jeringa, una brocha pequeña o un limpiapipas para alcanzar el centro de la junta.
4. Aplique epoxi espesado al área de contacto de la junta. Use una jeringa para aplicar una mezcla de epoxi/aditivo 406 al centro de la junta (*Figura 5-8*). Un tubo pequeño de plástico o una pajita sujeta con cinta a la boquilla de la jeringa alargará el alcance de la jeringa en sitios muy apretados. Inyecte la suficiente cantidad de mezcla espesada para que una pequeña cantidad rebose cuando la junta se sujete en posición.
5. Sujete las piezas en posición hasta que el epoxi cure. Apriete los elementos de fijación para cerrar la junta. Los elementos de fijación pueden ser encolados en posición para obtener una protección contra la humedad y para dar mayor resistencia. (ver Sección 8).

5.6 Reparación de la tabla de aparadura o pelaya.

La tabla de aparadura es la pieza que encaja con la quilla o la sobrequilla. A veces se separa de la quilla y entra agua en la embarcación. Si esta entrada de agua se repite temporada tras temporada, aún después de un calafateado completo de todas las costuras, puede haber un problema serio que necesite atención. La madera de la quilla puede estar separándose de las varengas (los maderos que unen las cuadernas a la quilla) o las varengas pueden haber perdido su unión efectiva con las cuadernas.

Compruébelo de la siguiente manera:

- (a) Examine el área de unión de las varengas con las cuadernas. Busque indicios de movimientos entre varengas y cuadernas (*Figura 5-9*).
- (b) Examine el área de unión entre las varengas y la quilla. Busque una separación entre las varengas y la quilla.

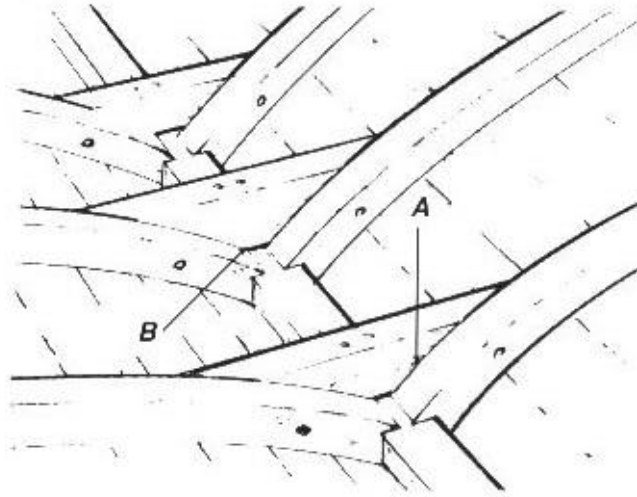


Figura 5-9 Examine las varengas, la quilla y las cuadernas para localizar separaciones e indicios de movimientos.

5.6.1 Reparación de varengas

Si hay espacios entre las cuadernas y las varengas o entre las varengas y la quilla, el resultado será la abertura de la costura del tablón de apareadura. Los siguientes procedimientos de reparación corregirán el problema y fijarán las varengas a las cuadernas y la quilla de forma permanente:

1. Extraiga las tablas de apareadura y una o dos tablas más de cada lado del casco.
2. Prepare la quilla, las varengas y las cuadernas. Quite la pintura o el barniz viejos y lije hasta llegar a la madera desnuda. Seque el área completamente.
3. Corte nuevas varengas para que encajen en oposición a las antiguas al otro lado de las cuadernas. Pueden ser laminadas o talladas de madera sólida.
4. Corte bloques de relleno que encajen entre las cuadernas y entre las varengas nuevas y antiguas.
5. Encole las nuevas varengas y los bloques a la quilla y a las cuadernas (*Figura 5-10*). Impregne todas las superficies de contacto y la veta a contrafibra con una mezcla de resina/endurecedor. Aplique epoxi/aditivo 406 espesado. Sujételo en posición hasta que el epoxi haya curado. Espere a que el epoxi haya curado completamente antes de retirar los elementos de sujeción y proceder al siguiente paso.
6. Taladre dos agujeros verticales en cada cuaderna del casco, a través del bloque y como mínimo 75mm dentro de la quilla. El diámetro de los agujeros debe ser 3mm superior al de las barras seleccionadas para esta reparación.
7. Corte un trozo de barra roscada de acero inoxidable o galvanizada por inmersión en caliente de igual longitud a la del agujero. El diámetro de la barra roscada debe ser igual al de los pernos de quilla originales.

8. Impregne uno o dos agujeros a la vez con una mezcla no espesada de resina/ endurecedor. Deje que el epoxi penetre la veta a contrafibra dentro del agujero.
9. Llene los agujeros hasta la mitad con epoxi espesado, usando el aditivo 404 o 406. Aplique epoxi espesado a la barra roscada cubriendo el filete.
10. Introduzca la barra recubierta hasta el fondo del agujero semilleno (*Figura 5-11*). Llene el agujero completamente. Limpie el exceso de epoxi antes de que cure.

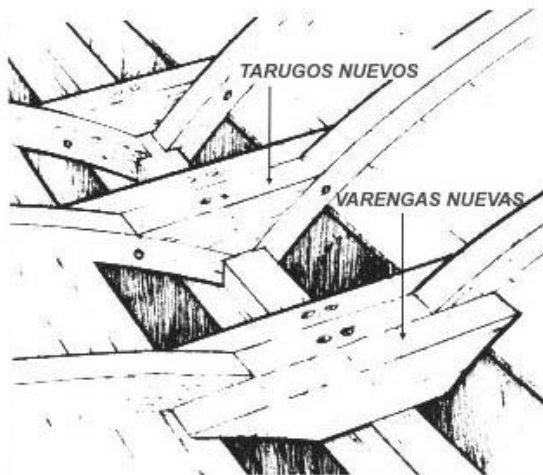


Figura 5-10 Encole varengas y bloques nuevos a la quilla y a las cuadernas

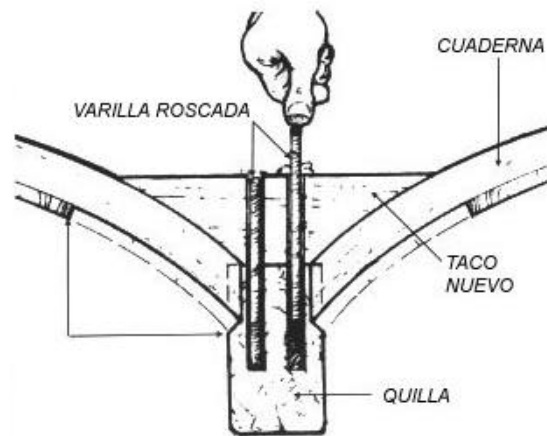


Figura 5-11 Encole una barra roscada a través del bloque y como mínimo 75mm dentro de la quilla.

5.6.2 Reposición de las tablas de apurada.

De esta manera, la quilla, las varengas y las cuadernas quedan unidas de forma permanente con el epoxi y las barras roscadas. Cuando haya terminado esta operación, encole a la quilla y a las varengas las tablas retiradas anteriormente.

1. Prepare la tablazón y las cuadernas para el encolado. Quite la pintura vieja o barniz. Lije las áreas a encolar hasta llegar a una fibra de madera nueva.
2. Ajuste en seco las tablas al casco. Taladre nuevos agujeros para tornillos si los originales ya no coinciden. Asegúrese de que se dispone de suficientes elementos de sujeción para que las tablas y las cuadernas estén en contacto.
3. Impregne los agujeros para tornillos (nuevos y antiguos) en las tablas, cuadernas y quilla con una mezcla de resina/endurecedor mediante un limpiapipas o una jeringa. Impregne los bordes y la cara interna de las tablas y las áreas de encolado de la quilla y las cuadernas con una mezcla de resina/endurecedor.
4. Aplique una buena cantidad de epoxi/aditivo 406 espesado a las superficies de unión de la quilla y de las cuadernas.

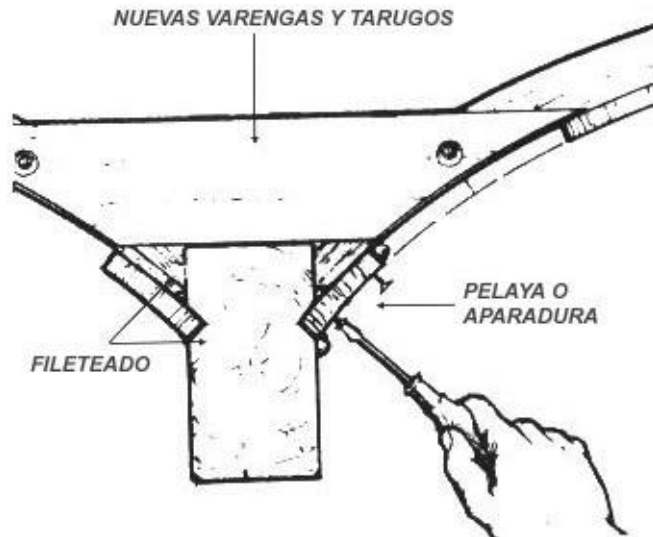


Figura 5-12 Encole la tabla de aparadura nuevamente en posición al lado de la quilla.

5. Instale la tabla de aparadura con los tornillos originales (Figura 5-12). Comience en el centro y proceda hacia los extremos.
6. Forme un filete a lo largo de la junta quilla/tabla de aparadura con el epoxi excedente y otro donde la tablazón hace contacto con las cuadernas.
7. Siga el mismo procedimiento para la instalación de la tabla de aparadura en el otro lado de la quilla.
8. Encole el resto de las tablas entre sí siguiendo los procedimientos detallados en la Sección 6.

5.7 Reparación de la quilla

La quilla es uno de los principales componentes estructurales y requiere una atención adicional y un examen especial. El remate del asiento del codaste, el lastre y las quillas de aleta pueden presentar problemas específicos. La sobrequilla puede estar dentro o fuera de la línea de la tablazón y, normalmente, tiene un buen número de costuras expuestas. En general no es aconsejable recubrir el remate del asiento del codaste y la sobrequilla con una capa de fibra de vidrio/epoxi a menos que las juntas de la estructura hayan sido estabilizadas anteriormente.

El daño causado por el gusano marino puede llevar a la sustitución de secciones concretas.

Si hay que trabajar en las tablas de aparadura, las varengas o los asientos de las cuadernas, es una buena idea examinar la quilla mientras las tablas de aparadura han sido retiradas. Las juntas y rebajes son los lugares ideales para el inicio de la podredumbre. Estas juntas entre las partes de la sobrequilla o del remate de asiento del codaste son puntos habituales de

filtración. Los pernos o cabillas de la quilla que pasan de la quilla de lastre a la sobrequilla, a la quilla y a las varengas permiten que el agua se filtre hacia el interior del casco.

Siga los siguientes procedimientos para reparar la quilla:

1. Quite la pintura y/o cualquier otro recubrimiento o inscrustaciones y deje que el casco se seque completamente (quizás pueda programar este trabajo para la primavera, después de que la embarcación haya tenido todo el invierno para secarse).
2. Una vez abiertas las costuras y/o los maderos de la quilla y la sobrequilla se hayan contraído, quite cualquier pintura vieja o calafateado y cualquier suciedad. Asegúrese de que la madera en el interior de las juntas esté seca.
3. Introduzca epoxi espesado con aditivo 406 por un lado de las juntas con una espátula y continúe hasta que salga epoxi por el otro lado. Limpie el excedente de epoxi en la superficie y deje que el epoxi cure.
4. Recubra el exterior del remate de asiento del codaste o de la sobrequilla con epoxi o cúbralo con una capa de fibra de vidrio/epoxi.

5.7.1 Reparación de los pernos de la quilla

Si se han encontrado entradas de agua alrededor de los pernos de la quilla, los pernos de las varengas, el tubo del timón o el eje de la hélice, siga los siguientes pasos:

1. Apoye y asegure la embarcación y la quilla de lastre.
2. Fabrique una sierra para agujeros de largo alcance cortando el extremo de un sacabocados de un diámetro algo mayor al del perno a reparar. Suelde el sacabocados a un tubo del mismo diámetro y de una longitud suficiente para alcanzar la longitud del perno de quilla más largo. Suelde un trozo de barra redonda en el otro extremo para que sirva de mecha para el portabrocas de un taladro. Si se trata de muchos pernos de diferentes longitudes, puede ser conveniente fabricar varias sierras para agujeros con diferentes longitudes (*Figura 5-13*).
3. Después de quitar las tuercas, las arandelas o los anillos de remachar, utilice la sierra para repasar toda la longitud del perno. Una sierra para agujeros típica producirá un espacio anular limpio de 3 mm alrededor del perno.

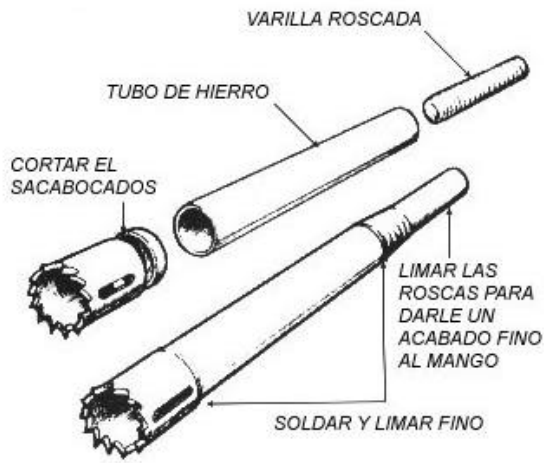


Figura 5-13 Una broca para pernos de quilla puede construirse con un trozo de tubo y un sacabocados estándar.

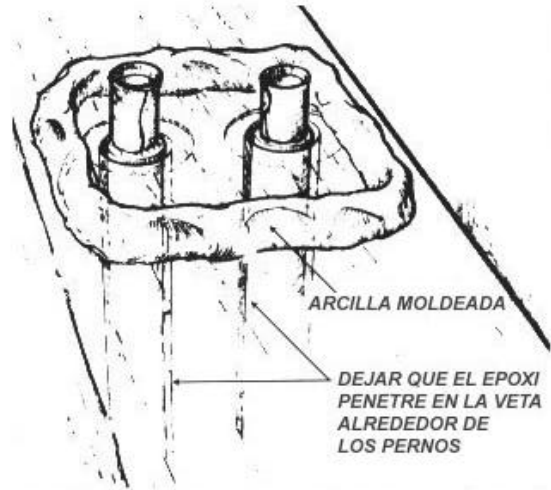


Figura 5-14 Construya un hueco para epoxi alrededor de cada perno de la quilla.

4. Después de haber quitado el polvo y las virutas con aire a presión, proteja la rosca del perno con cinta aislante y construya con arcilla de modelado un cerco de contención de 6mm de alto alrededor de los pernos.
5. Llene a rebosar el agujero con epoxi. Mantenga el cerco de contención lleno mientras el epoxi penetra en la veta a contrafibra dentro del agujero.
6. Una vez que el epoxi haya curado, lije finamente la superficie, quite la cinta aislante y vuelva a instalar las arandelas y las tuercas.
7. Para información específica sobre la reparación de quillas de mayor tamaño, contacte con Wessex Resins.

Sección 6

Reparación de la Tablazón del Casco y de la Cubierta

Esta sección sirve de guía para la reparación del revestimiento exterior de embarcaciones de madera. El forro que cubre el armazón de la cubierta y del casco en embarcaciones de madera suele dividirse en dos categorías: tablazón y contrachapado. La tablazón es el método tradicional y más antiguo para cubrir cascos y cubiertas y es más susceptible a las flexiones y las entradas de agua que el contrachapado. Los adhesivos modernos han convertido al contrachapado en un revestimiento más común y más práctico para estructuras de madera. Los procedimientos de esta sección tratan sobre los problemas y reparaciones de los tipos más comunes de revestimientos. Seleccione el procedimiento o la combinación de procedimientos que convenga a la situación específica.

6.1 Cascos y cubiertas con tablas a tope

Durante siglos, la tablazón a tope y la cubierta de tablas fueron los únicos métodos de revestir una embarcación. La tablazón a tope y la cubierta de tablas son esencialmente un mismo método en el cual muchas tablas individuales se colocan canto con canto, se fijan a las cuadernas y se calafatean. Con el tiempo, la estructura se afloja, el calafateado se descompone y la tablazón se convierte en una fuente continua de entradas de agua que requieren un mantenimiento incesante. Aunque la tablazón a tope y la cubierta de tablas pueden variar en el tamaño y la colocación de las tablas, sus funciones son similares y se pueden reparar usando las mismas técnicas.

La reconstrucción ideal sería desmontar la tablazón entera, limpiarla, quitarle toda la pintura y volver a encolarla a las cuadernas tal y como se indica en la Sección 1.4.2. Si este tipo de reconstrucción es factible, eliminará los lugares donde la humedad puede quedar atrapada y permitirá darle al casco, por dentro y por fuera, un recubrimiento con epoxi que revestirá la estructura. Recuerde que una embarcación sólo puede ser revestida con epoxi si todas las superficies, especialmente las superficies de contacto en las juntas, pueden ser recubiertas.

Sin embargo, si las tablas no pueden ser desmontadas, la mejor solución para impedir filtraciones de agua y una pérdida de rigidez es (1) limpiar las costuras y (2) encolar las tablas entre sí con epoxi. Este proceso cierra las costuras de forma permanente y elimina el movimiento entre las tablas. Una fuerte unión entre las tablas proporcionará un monocasco rígido.

6.1.1 Limpieza de las costuras

El primer paso es la preparación de los cantos de cada tabla para obtener una superficie de encolado limpia y saneada. Use una sierra circular, una tupí, un formón y un martillo, o una rasqueta afilada para limpiar la junta de todo el material de calafatear antiguo y llegar a la madera nueva y limpia en el canto de cada tabla. El tipo de herramienta más eficaz dependerá de cada situación concreta, pero la sierra circular es por lo general la manera más efectiva de limpiar las costuras con precisión.

1. Antes de empezar seque completamente el casco. Esto permite que las costuras se abran lo más posible y estabiliza el tamaño y la forma de todas las piezas.
2. Clave un listoncillo en el casco para que sirva de guía a la sierra. El listoncillo debe ir paralelo a la costura para que la sierra pueda seguir con exactitud el centro de cada costura.
3. Seleccione una hoja o reposicione los dientes con el ancho necesario para desbarbar los bordes de las dos tablas que forman la costura. Utilice unos alicates para abrir los dientes tanto como sea necesario. El ancho de la costura puede variar pero el corte debe ser como mínimo de 4,5mm de ancho. Si las costuras se han abierto excesivamente después del secado, se pueden necesitar dos cortes en la costura con la sierra para regruesar las dos tablas.
4. Ajuste la profundidad del corte para que sea 1,5mm inferior al espesor de la tabla. Deje suficiente madera en el fondo de la junta para impedir el paso del epoxi al interior.
5. Limpie cada costura pasando la sierra circular a lo largo del pequeño listón (*Figura 6-1*). Verifique la profundidad y la anchura del corte. Limpie las juntas de los extremos de las tablas. Con un formón, bisele ligeramente los extremos de las tablas (6mm x 12mm desde el borde)(*Figura 6-2*).

Una tupí con una fresa de estrías rectas le resultará efectiva en la limpieza de las costuras. Seleccione la fresa del ancho necesario para desbastar las dos tablas. La tupí puede alcanzar lugares más difíciles que la sierra circular, pero las fresas se desafilan rápidamente, se rompen a menudo y son caras de reemplazar.

Un formón puede ser útil para cortar una ranura en "V" donde una sierra o una tupí no pueden trabajar. Con una lima puede fabricar una rasqueta o rascador de calafate para limpiar las costuras o puede inventar su propia herramienta o método para este fin. Hay que recordar que el objetivo es la eliminación completa del viejo material de calafateado y la exposición de madera limpia en el canto de la tabla que hay que encolar.

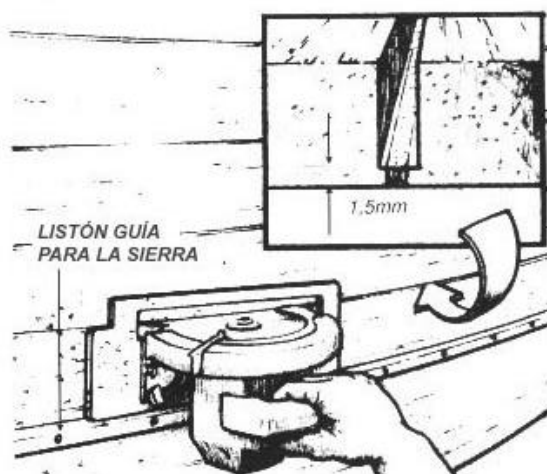


Figura 6-1 Use una sierra circular para limpiar las costuras entre tablas.

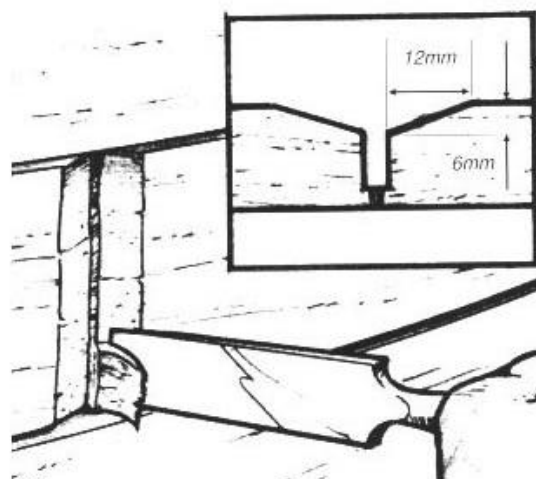


Figura 6-2 Corte un bisel en el extremo de cada tabla.

6.1.2 Relleno de costuras con madera

Después de haber preparado un buen espacio entre las dos tablas, encole una lengüeta falsa, del tipo de madera adecuada, dentro del espacio. ¡Recuerde!: *Posicione el casco en su forma correcta antes de encolar.* La forma del casco será permanente cuando las tablas hayan sido encoladas.

1. Prepare las lengüetas. Córtelas de una madera de la misma especie y grosor que la tablazón. Corte las lengüetas con una sierra de mesa y ajuste la hoja a una inclinación de 5° . Dele la vuelta a la tabla entre cortes para que cada lengüeta tenga, en sección, un estrechamiento de 10° . Ajuste la anchura de corte para que la parte más ancha de la pieza corresponda con la anchura de la costura. Cuando, al introducirla, la parte más estrecha toque fondo, la lengüeta deberá quedar bien ajustada. Las lengüetas pueden tener la longitud que más le convenga para su manejo. Corte los extremos de cada lengüeta a un ángulo de 45° .

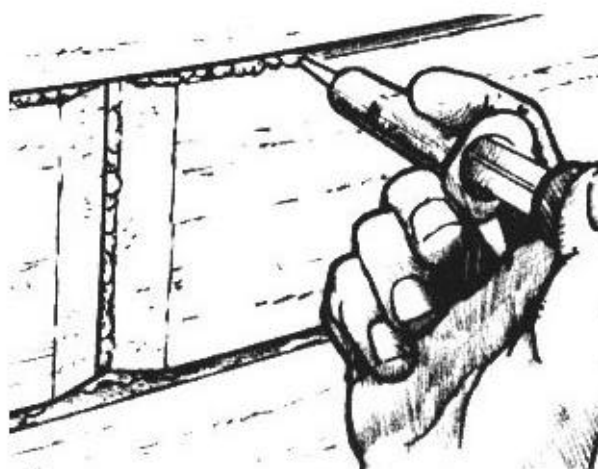


Figura 6-3 Inyecte epoxi dentro de la costura impregnada

2. Con una mezcla de resina/endurecedor impregne una longitud igual de costuras y de lengüetas. Use una brocha de encolado o un lampazo para impregnar las costuras. Para impregnar las lengüetas use un rodillo de espuma recortado .
3. Introduzca en la costura un cordón de epoxi/ 403 o 406, con una consistencia de mayonesa. Utilice una jeringa para inyectar suficiente epoxi para que una pequeña cantidad rebose cuando se introduzcan las lengüetas (*Figura 6-3*).
4. Empuje la lengüeta, previamente impregnada con epoxi, dentro de la costura (*Figura 6-4*). El estrechamiento de la lengüeta ayudará a empujar el epoxi a los costados proporcionando un buen contacto con la lengüeta y con los cantos de las tablas. Cuando una pequeña cantidad de epoxi haya rebotado de la junta, la lengüeta deberá encajar perfectamente en la costura con la simple presión de la mano. Si es necesario, sujete la lengüeta en su sitio con grapas.
5. Limpie el epoxi excedente. Use un palo de mezclar afilado para raspar el epoxi excedente antes del curado. Sitúe a un ayudante en el interior de la embarcación o examine el interior con frecuencia para limpiar cualquier cantidad de epoxi que atraviese la tablazón.
6. Cuando el epoxi haya curado completamente, quite la parte de la lengüeta que sobresalga con un cepillo de carpintero y un papel de lijar basto (*Figura 6-5*). Con frecuencia se aplica un tejido de fibra de vidrio para proporcionar un refuerzo y una resistencia a la abrasión adicionales. Siga los procedimientos de recubrimiento/acabado de la Sección 3.4.

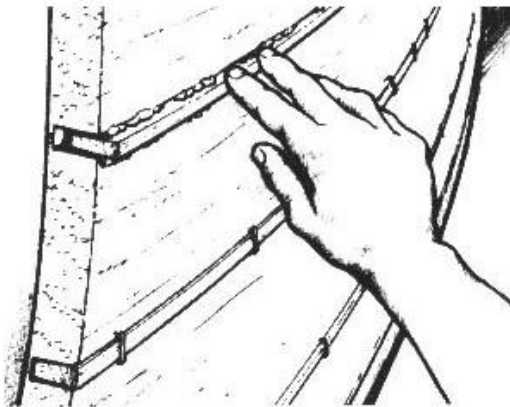


Figura 6-4 Empuje la lengüeta impregnada dentro de la costura.

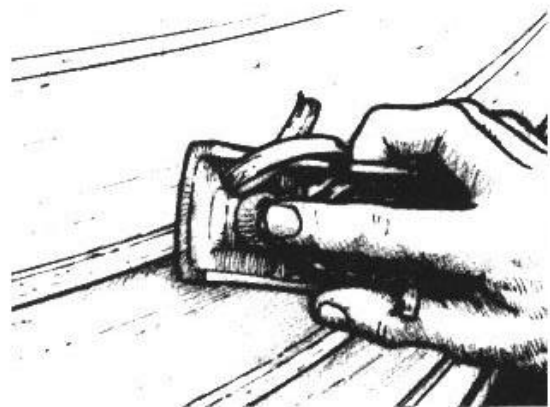


Figura 6-5 Use un cepillo de carpintero para quitar la lengüeta que sobresalga y una lijadora para suavizar la superficie después de que el epoxi haya curado.

6.1.3 Relleno de costuras con epoxi

Una manera más rápida pero más cara de encolar las costuras es llenarlas completamente con epoxi espesado (el epoxi es más caro que la madera por volumen). Este método es más práctico para las costuras que son demasiado curvadas o estrechas para aceptar la introducción de una lengüeta falsa.

1. Abra las costuras de la manera anteriormente descrita. El espacio no precisa ser de un ancho concreto siempre y cuando quede expuesta madera sin tratar en los cantos de cada tabla.
2. Impregne el hueco con una mezcla de resina/endurecedor.
3. Rellene la costura con epoxi/403 espesado (consistencia mayonesa). Tenga en cuenta que el aditivo 403 deja una costura color hueso, lo cual no tiene importancia si se piensa pintar la superficie. Si se requiere un acabado transparente, se recomienda usar la Mezcla de Fileteado 405 o un agente colorante mezclado con el epoxi para igualar el color de la tablazón. (Consulte la Sección 8 para la información sobre acabados). Las jeringas grandes o los tubos de calafatear son prácticos para inyectar epoxi en las costuras. Alise la mezcla a ras de la superficie y quite el epoxi excedente antes del curado.
4. Lije la superficie, conformándola, cuando el epoxi haya curado completamente. Cubra cualquier área hundida con una mezcla de epoxi/aditivo de baja densidad. Siga los procedimientos para recubrimientos/ acabados de la Sección 3.4.

6.1.4 Reparación in situ de tablas dañadas

Si hay que reparar o reemplazar muchas tablas, es mejor reparar por completo tablas individuales y áreas pequeñas antes de proceder a otras áreas. El casco puede debilitarse seriamente y perder su forma si se retiran demasiadas tablas a la vez. La reparación de la sección dañada de una tabla puede realizarse con juntas biseladas o juntas planas sin necesidad de retirar la tabla por completo. Soporte el casco en la forma adecuada antes del encolado.

Método con junta biselada

Para reparar secciones de tabla dañada usando juntas biseladas:

1. Quite la parte dañada de la tabla usando una sierra circular, un serrucho o un formón.
2. Bisele los extremos de la tabla expuestos con un bisel de 8-a-1.
3. Corte una pieza de madera para que encaje en el agujero. Iguale los biseles en los extremos (*Figura 6-6*). Empiece con un espesor de la pieza algo superior al espesor de la tabla. El material excedente, dentro o fuera del casco, puede ser eliminado con un cepillo después del encolado y curado.

4. Impregne las superficies de unión con una mezcla de resina/endurecedor. Repita esta operación en las superficies de los biseles cuantas veces sea necesario hasta que la veta a contrafibra quede totalmente saturada.

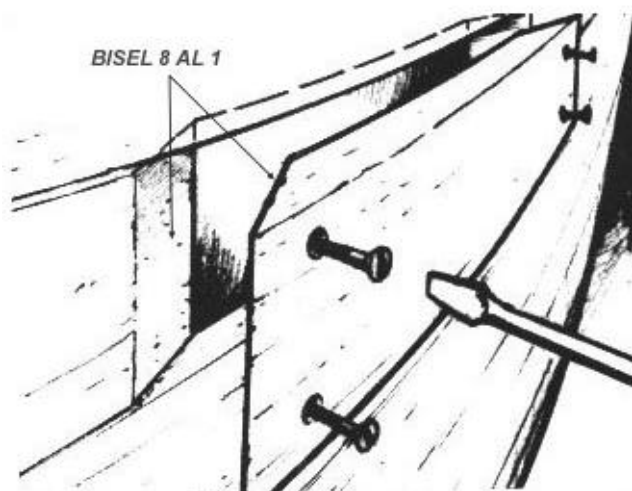


Figura 6-6 Reemplaze una sección de la tabla con juntas biseladas.

5. Aplique epoxi espesado con 403 o 406 hasta una consistencia de manteca de cacahuete, a una de las superficies en cada área de encolado.
6. Fije provisionalmente la sección biselada con tornillos o grapas hasta que el epoxi haya curado. Los tornillos resistentes a la corrosión pueden dejarse en su lugar si los agujeros piloto han sido impregnados con epoxi.
7. Retire los elementos de sujeción y nivele la superficie después de que el epoxi haya curado completamente. Actúe de acuerdo con los procedimientos de recubrimiento/acabado de la Sección 3.4.

Método con junta plana

La junta plana es una alternativa a la junta biselada en la reparación *in situ* de tablas dañadas. Aunque no tiene la resistencia del bisel, es mucho más fácil de realizar. Las juntas planas deben ser alternas (los extremos de tablas adyacentes no deben coincidir en el mismo lugar). Para reparar secciones de tablas dañadas usando juntas planas:

1. Quite la parte dañada de la tabla usando una sierra circular, un serrucho, una caladora o un formón.
2. Corte una pieza de madera que encaje en el agujero y otra para usar como tapajuntas (*Figura 6-7*). Se necesitará un tapajuntas detrás de cada junta plana a menos que esta se apoye sobre una cuaderna. Cuando la sección a reparar esté situada entre cuadernas, el tapajuntas deberá correr de cuaderna a cuaderna. Cuando se reemplazen secciones de tabla de mayor tamaño, el tapajuntas sólo será necesario en los extremos.

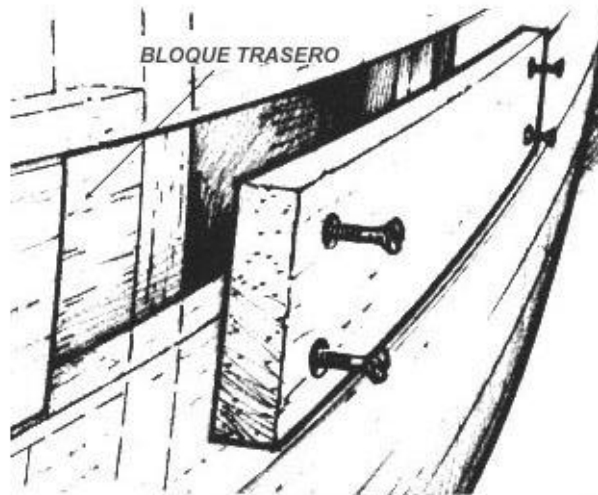


Figura 6-7 Reemplace la sección de una tabla usando juntas planas.

3. Impregne todas las superficies de contacto con una mezcla de resina/endurecedor.
4. Aplique epoxi espesado con 403 o 406, con una consistencia de manteca de cacahuete, a las superficies de contacto (incluso a la cara del tapajuntas que da a la tabla).
5. Instale el(los) tapajunta(s) por dentro del forro. Sujételo provisionalmente en posición mediante tornillos, grapas o clavos.
6. Instale la nueva sección de la tabla. Sujete la sección en posición con tornillos, grapas o clavos. Rellene los huecos restantes de la costura con epoxi espesado.
7. Retire los elementos de sujeción y nivele la superficie después de que el epoxi haya curado totalmente. Actúe de acuerdo con los procedimientos de la Sección 3.4. sobre recubrimientos/acabados.

6.1.5 Doble forro

La reparación de las embarcaciones de doble forro implica desmontar el forro exterior, reparar el interior con los procedimientos ya descritos en la Sección 6.1 y luego reemplazar el forro exterior. El desmantelamiento de ambos forros es aconsejable puesto que permite una inspección a fondo de las tablas y revestirlas enteramente con epoxi. Si desea recubrir el interior del casco con epoxi, desmonte los dos forros, elimine toda la pintura, sanee la madera y vuelva a encolar las tablas a las cuadernas.

Importante: *Es aconsejable recubrir la embarcación con epoxi sólo si todas las superficies, y en particular las superficies de contacto de las juntas, pueden ser recubiertas.*

Para reparar un forro doble:

1. Marque cuidadosamente las tablas exteriores de acuerdo con su posición en el casco y luego retírelas.
2. Decida qué tablas pueden ser reutilizadas. Entonces sanee, seque, repare y lije las tablas.
3. Retire y deseche la lona entre los forros.
4. Actúe de acuerdo con los procedimientos descritos en 6.1.1 - 6.1.4 para la limpieza de las costuras y el encolado del forro interior del casco.
5. Encole el segundo forro de acuerdo con las técnicas expuestas en 3.4.2. Introduzca tornillos en el alojamiento de los viejos tornillos para fijar la tabla en posición mientras el epoxi cura.

6.1.6 Reparación de cubiertas de tabla machihembrada

Los métodos descritos anteriormente sirven también para las cubiertas de tabla machihembrada.

1. Limpie las costuras hasta la lengüeta.
2. Si el acceso es posible y la lengüeta está suelta o dañada, coloque una cinta en la cara inferior de las costuras.
3. Introduzca en las costuras, tanto como sea posible, epoxi espesado a consistencia de mayonesa con aditivo 403 o 406,. Esta mezcla, forzada con una espátula de enmasillar de 125mm de ancho, puede escurrirse por la junta machihembrada y penetrar la costura inferior obteniendo así un encolado total de las tablas.

6.2. Cascos en Tingladillo (Tracas en Solape)

El tingladillo (o tracas en solape), al igual que el forro a tope, consiste en una sola hilera de tablas de un espesor que permite curvarlas para conformar el casco. Sin embargo, cada tabla (o traca) solapa la cara de la tabla precedente en vez de arrimarse a su canto. Los cascos de madera en tingladillo suelen tener problemas con los elementos de fijación del solape. Las costuras suelen abrirse dando lugar a vías de agua. La reparación más efectiva es la limpieza a fondo de la costura en solape y el encolado de las tablas con epoxi. Si la embarcación es lo suficientemente pequeña, es conveniente tumbarla y trabajar sobre el casco al revés. Repare forros en tingladillo de la siguiente manera:

1. Quite toda la pintura o el acabado antiguo de la superficie exterior del casco.

2. Quite la pintura vieja y el calafateado de todas las costuras. Use una herramienta para rascar, hecha a medida, para limpiar y raspar las superficies de contacto de las tablas hasta llegar a madera sana (*Figura 6-8*). Una lima con la punta doblada y afilada o la hoja de una sierra para metales constituyen excelentes rascadores de costuras. Deje que la madera se seque totalmente, si todavía no lo está. Apoye el caso en su forma correcta antes de encolar.
3. Normalmente, existe una transición entre el rebaje en las vueltas y los encuentros con la roda y la popa. Esto permite que las tablas estén encajadas entre sí y encaradas con la roda. Durante la limpieza de los solapes se debe prestar atención a esta zona de transición. Puede que sea necesario retirar los elementos de fijación en los extremos de las tablas y separarlas ligeramente para limpiar las costuras y los rebajes.

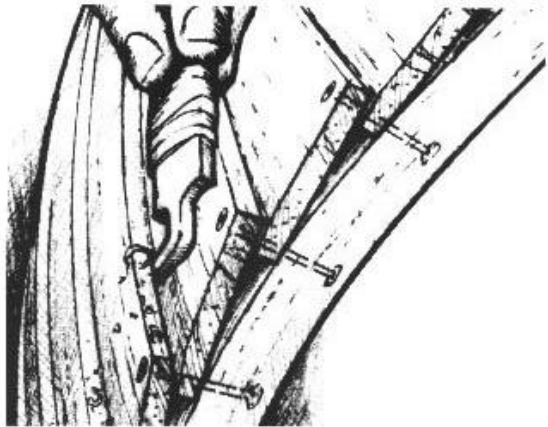


Figura 6-8 Limpie las costuras con una herramienta para rascar.



Figura 6-9 Rellene la costura impregnada con epoxi espesado.

4. Impregne las superficies de las costuras abiertas con una mezcla de resina/ endurecedor. Introduzca el epoxi lo más profundo posible dentro de la costura con una brocha o jeringa desechable.
5. Introduzca en las costuras abiertas epoxi espesado con aditivo 403 o 406 (consistencia manteca de cacahuete). Use una espátula para forzarlo lo más profundo posible dentro de la costura (*Figura 6-9*). Revise en el interior las goteras de epoxi entre tablas. Limpie el epoxi sobrante antes del curado.
6. Contornee el epoxi espesado en la esquina interna de la costura para conseguir una arista interna escuadrada o un filete cóncavo. Un filete incrementa el área de encolado de la costura y proporciona mayor protección al canto de cada tabla. Para más detalles sobre filetes consulte la Sección 3.4.3.
7. Lije las costuras y superficies de las tablas de manera uniforme después del curado completo del epoxi. Rellene y nivele cualquier hueco que haya quedado con una mezcla de epoxi/aditivo de baja densidad. Actúe de acuerdo con los procedimientos para recubrimiento/acabado de la Sección 3.4.

6.3 Contrachapado

El contrachapado cuenta con una elevada relación resistencia/peso y es un excelente material para la construcción y reparación de embarcaciones.

Se obtiene en dos tipos básicos, Exterior (WBP) y Marino (BS 1088). El contrachapado clase Exterior está hecho de maderas duras del Lejano Oriente o pino Douglas y puede usarse para la construcción y reparación de embarcaciones, pero si ésta va a cumplir un servicio de navegación de altura, se aconseja el uso de contrachapado clase Marino de acuerdo con la norma BS 1088.

Aunque para ambos tipos de contrachapado se usa el mismo tipo de cola, la calidad de la madera y la construcción del laminado varía considerablemente. Se aconseja contactar un maderero de confianza especialista en maderas marinas.

El contrachapado marino de caoba (Khaya) es el de mejor calidad y la primera opción si se pueden costear sus altos precios. Los contrachapados marinos del Lejano Oriente de alta calidad (en general, Merantí), son una buena alternativa, como lo es el contrachapado clase Exterior de uso general. El contrachapado de Gabón puede usarse si el peso es importante, pero este tipo de madera no es duradero.

Llene los huecos que hay en los contrachapados de menor calidad con epoxi espesado aplicándolo con una jeringa después del conformado definitivo del panel.

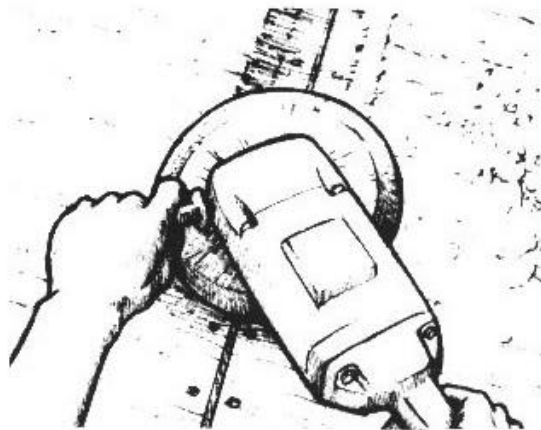


Figura 6-10 Lije un canalillo a lo largo de la junta para acomodar la cinta de fibra de vidrio.

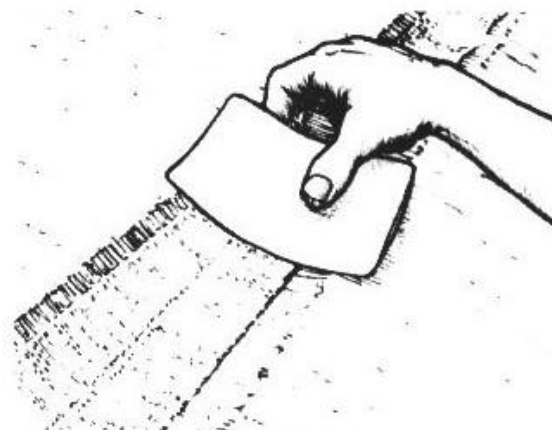


Figura 6-11 Coloque una cinta de fibra de vidrio sobre la junta preparada.

6.3.1 Reconstrucción de una junta de contrachapado

Si la costura entre paneles de contrachapado se ha deteriorado, límpiela, selle los bordes con epoxi y refuerce la junta con una cinta de fibra de vidrio saturada con epoxi. La costura puede estar en una superficie plana o en un canto o arista exterior. Reconstruya una junta de contrachapado de la siguiente manera:

1. Limpie la costura corriendo una sierra circular o una herramienta rascadora a lo largo de la costura. Ajuste la profundidad de corte de la sierra al espesor total del contrachapado cuando la costura corra a lo largo de una cuaderna. Ajuste el ancho de la hoja para cepillar los bordes de ambos paneles de contrachapado a fin de exponer madera sana en cada canto. Retire cualquier elemento de fijación que esté al paso del corte. Deje que la madera se seque completamente si es necesario.
2. Avellane los elementos de fijación a mayor profundidad. Esto le permitirá lijar un canalillo a lo largo de la junta para la colocación de una o más capas de cinta de fibra de vidrio.
3. Realice un canalillo de 100 a 125mm de ancho a lo largo de la junta con una lijadora circular mecánica para que la(s) cinta(s) a colocar quede(n) por debajo de la superficie. Obtenga una depresión de unos 0,75mm de profundidad por cada capa de cinta de fibra de vidrio de 280g/m² (8 oz/yd²) para rellenar la junta. Use una lijadora o un formón para quitar cualquier otra parte del contrachapado alrededor de la junta que esté dañada o podrida. En los cantos o aristas, use una lijadora o una tupí con una fresa para redondearlos. Un radio de 6 a 9mm permitirá que la cinta de fibra de vidrio se asiente de forma uniforme sobre la superficie (*Figura 6-10*)
4. Impregne la junta y el área lijada con una mezcla de resina/endurecedor. Vuelva a colocar epoxi en la costura hasta que el contrachapado deje de absorberlo a través de la veta a contrafibra. Inyecte o introduzca epoxi entre las planchas sanas que se hayan despegado.
5. Aplique un epoxi espesado con aditivo 403 o 406, de consistencia mayonesa, en la costura impregnada. Use una espátula de plástico para forzar el epoxi espesado dentro de la costura impregnada y alise la mezcla excedente a lo largo de la junta. Trabaje el epoxi espesado dentro de cualquier hueco y entre chapas despegadas previamente impregnadas con una mezcla de resina/endurecedor.
6. Coloque una capa de cinta de fibra de vidrio en la depresión a lo largo de la junta (*Figura 6-11*). Use la espátula para introducir el epoxi dentro del tejido y retire el excedente. Si lo desea, aplique capas adicionales de la misma manera. Coloque las nuevas capas de 12mm a cada lado de la capa anterior para que los bordes no coincidan. Para detalles sobre la aplicación de tejidos de fibra de vidrio, ver Sección 3.4.6.
7. Aplique sobre la junta epoxi espesado con aditivo de baja densidad 407 o 410, con una consistencia de manteca de cacahuete. Use una espátula para aplicar el epoxi y confórmelo para que sobresalga un poco de la superficie del contrachapado (Sección 3.4.5). Deje que cure totalmente y lije la superficie de manera uniforme.

6.3.2 Sustitución de secciones de contrachapado dañado

Algunas secciones de paneles de contrachapado pueden sufrir daños debido a impactos o podredumbre seca y pueden repararse sin necesidad de reemplazar el panel entero. Se puede cortar la sección dañada y encolar en su lugar una sección de sustitución sin ninguna pérdida de resistencia del panel. Reemplace pequeñas secciones de paneles de contrachapado de la manera siguiente:

1. Recorte la sección dañada y retírela del panel. Use una sierra circular o una caladora para cortar el agujero, cuadrado o rectangular, en el área más pequeña alrededor del desperfecto. Verifique la extensión del daño en la parte interior del panel.
2. Prepare los bordes en bisel o a media madera.
 - (a) Bisele los bordes con una lijadora de disco (*Figura 6-12*). Bisele a un mínimo de 8 a 1 desde el borde del agujero. (Si el contrachapado del panel es de 12mm, el bisel debe extenderse 100mm desde el borde en cada lado).
 - (b) Frese un rebaje en los bordes del agujero con una tupí. Use una fresa tipo flauta para fresar uno o varios rebajes en el panel que rodea el agujero. El ancho de cada rebaje debe ser ocho veces mayor que su profundidad. Los rebajes son convenientes cuando se están laminando varias capas de un contrachapado más fino que el original para igualar el espesor del panel dañado. Efectúe cada rebaje con una profundidad igual al espesor de la capa de sustitución.
3. Construya el panel de sustitución usando el tipo de contrachapado original o un equivalente. Corte el panel con las dimensiones exteriores del bisel o rebaje.
 - (a) Use la lijadora de disco para producir un bisel en el borde interior del panel de sustitución que empareje el bisel del agujero. Ajuste el nuevo panel en seco en posición para que quede ligeramente por debajo de la superficie existente (*Figura 6-13*).
 - (b) Use la tupí con una fresa tipo flauta para realizar rebajes en los bordes del panel de sustitución emparejándolos con los rebajes alrededor del agujero. Si se van a utilizar varias capas de contrachapado, corte cada capa con las dimensiones de cada rebaje. Ajuste el nuevo panel en seco en posición para que quede ligeramente por debajo de la superficie existente.
4. Impregne el área de encolado de los paneles con una mezcla de resina/endurecedor. Continúe el recubrimiento de la veta a contrafibra hasta su saturación (La veta a contrafibra del contrachapado absorberá mucho epoxi).

5. Aplique epoxi espesado con aditivo 403 o 406 con consistencia mayonesa en el área de encolado del nuevo panel. Aplique la cantidad suficiente de epoxi espesado para que una pequeña cantidad rebose cuando el panel se coloque en su posición de ajuste en seco.

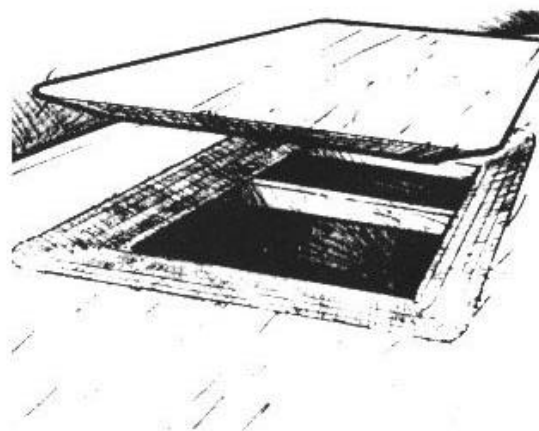
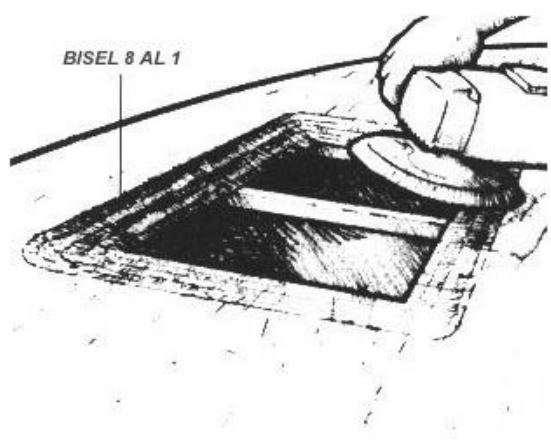


Figura 6-12 Recorte el área dañada y lije un bisel como mínimo de 8 a 1 en todos los bordes del agujero. **Figura 6-13** Sujete un parche de reparación nuevo en su posición con grapas o tornillos.

6. Sujete provisionalmente en posición el nuevo panel con grapas o tornillos (*Figura 6-13*). Los elementos de fijación permanentes no deben ser corrosibles y los agujeros guía deben impregnarse con epoxi. Quite el epoxi excedente antes del curado. Deje que el epoxi cure completamente antes de retirar los elementos de sujeción. Encole, una a una, capas finas múltiples en su lugar siguiendo el mismo procedimiento. Use una mezcla de epoxi/aditivo menos espesa en las áreas de encolado planas entre capas.
7. Lije la superficie y rellene las áreas deprimidas con epoxi/aditivo de baja densidad 407 o 410 con una consistencia de manteca de cacahuete. Use una espátula para aplicar el epoxi espesado, sobre-rellenando ligeramente las áreas deprimidas de la superficie. Deje que la mezcla cure completamente antes de efectuar un alisado uniforme.

6.3.3 Reparación/instalación de contrachapado

Es posible instalar nuevo contrachapado sobre cuadernas descubiertas o sobre superficies existentes en el casco o en la cubierta. El contrachapado usado como recubrimiento principal (encolado directamente a las cuadernas) puede ser colocado en posición con juntas biseladas directamente sobre las cuadernas o con juntas normales sobre tapajuntas entre cuadernas. Las juntas biseladas ofrecen mejor aspecto desde el interior de la embarcación. El intervalo entre cuadernas y el tamaño de la embarcación definen el espesor del contrachapado. El volumen de composición determina si el espesor total puede ser aplicado en una capa o en capas múltiples. Use un contrachapado de menor espesor en capas múltiples si una capa sola es difícil de doblar sobre una superficie curvada. Aplique un recubrimiento primario de

contrachapado de la siguiente manera:

1. Prepare los paneles, las juntas biseladas y las superficies de las cuadernas. Planifique la disposición de los paneles y la secuencia de instalación de manera que el bisel del panel siguiente se apoye sobre el bisel del panel precedente. (Figura 6-14).
2. Impregne las superficies de encolado del contrachapado y de las cuadernas. Impregne los biseles de los paneles adyacentes.
3. Aplique una capa de epoxi espesado con aditivo 406 a las superficies de encolado de la cuaderna y al bisel del panel precedente.
4. Coloque el panel en posición sobre las cuadernas. Alínie los biseles para evitar un solape.
5. Sujete la plancha provisionalmente mediante tornillos de pared o grapas. Use el número de elementos de sujeción necesario para fijar la plancha de manera uniforme. La mezcla de epoxi debe rebosar de las juntas lo cual indicará un buen contacto adhesivo. Coloque una persona en el interior para limpiar el epoxi excedente en las cuadernas y las juntas. El excedente puede quitarse limpia y completamente o conformado en un filete antes del comienzo del curado.

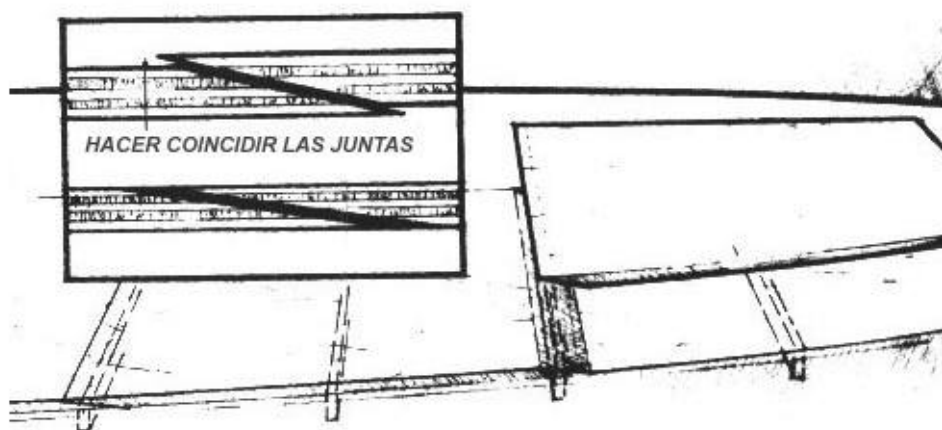


Figura 6-14 Planifique la disposición de los paneles de manera que las juntas en bisel se apoyen sobre baos para obtener una mejor sujeción.

6. Repita el proceso con las demás planchas. Espere a que las juntas curen por completo antes de retirar los elementos de sujeción provisionales.
7. Lije la junta y alise la superficie antes de añadir otra capa de contrachapado, tejido de fibra de vidrio (3.4.6) o un acabado (3.4.8).

6.3.4 Aplicación de contrachapado sobre recubrimientos existentes

Cuando se lamina una nueva capa de contrachapado sobre un casco o cubierta existentes, no es necesario biselar los bordes o colocar las juntas directamente sobre las cuadernas debido a la gran área de encolado disponible. Es necesario sanear el contrachapado existente antes de laminar nuevas planchas sobre la vieja estructura. Lamine un nuevo contrachapado sobre una cubierta o casco existentes de la siguiente manera:

1. Después de un secado completo, vuelva a encolar capas de contrachapado despegadas. Taladre sistemáticamente agujeros de 3mm (con aproximadamente 25mm de separación) en el área despegada. Use una jeringa para inyectar una mezcla ligeramente espesada de epoxi/406 en los agujeros para impregnar el área despegada. Use grapas o tornillos para mantener las capas unidas hasta que el epoxi haya curado. Cuando el epoxi haya curado completamente, proceda al Paso 2.
2. Lije la superficie y alísela hasta llegar a madera limpia y sana. Quite todos los acabados y tratamientos antiguos.
3. Abra las juntas existentes con una herramienta para rascar, sierra o tupí y rellene las juntas con epoxi. Si es necesario, repare con cinta de fibra de vidrio de la manera sugerida en la Sección 6.3 I.
4. Si es necesario, recorte las áreas seriamente dañadas y restáurelas con contrachapado nuevo biselado de la manera sugerida en la Sección 6.3.2.
5. Establezca la disposición de las nuevas planchas de contrachapado evitando la coincidencia de nuevas juntas sobre juntas existentes.
6. Aplique con un rodillo una mezcla de epoxi/406 a ambas superficies de encolado. Espese la mezcla a una consistencia "Ketchup" para permitir que penetre y rellene las cavidades entre las superficies. Si la superficie es áspera o no es uniforme, espese la mezcla a una consistencia de mayonesa y aplíquela con una paleta dentada.
7. Sujete la plancha en posición mediante una serie uniforme de tornillos o grapas provisionales. Quite el excedente de epoxi de las juntas. Repita el proceso con cada plancha. Deje que el epoxi cure completamente antes de retirar los elementos de sujeción provisionales.
8. Lije la superficie y alísela antes del acabado definitivo.

6.4 Reparaciones con chapas moldeadas o laminadas

Otra opción de recubrimiento es el uso de chapas de madera de poco espesor en vez de planchas de contrachapado. Las embarcaciones laminadas se construían y se siguen construyendo con capas delgadas de chapa encoladas entre sí sobre formas curvas. De hecho, lo que se hace es construir una plancha de contrachapado con la forma de una embarcación. Esta técnica ha producido cascos rígidos y ligeros sin la limitación de las superficies planas y los pantoques de las embarcaciones de contrachapado. El uso de chapas de madera para las reparaciones del recubrimiento exterior ofrece la ventaja de poder conformarlos a cualquier forma curva y en particular a las curvas compuestas. Esta ventaja puede aprovecharse en las reparaciones de varias formas. Los laminados de chapas pueden usarse como parches en pequeñas secciones de cascos laminados donde la curva impide el uso del contrachapado. A una escala mayor, el laminado de chapas sobre un casco existente de contrachapado o de tablas a tope es un excelente método de añadir mayor rigidez a un casco o a una cubierta sin quitar el recubrimiento existente. Para mayor información sobre el laminado de chapas de madera como técnica de construcción, consulte el libro "LOS GOUGEON BROTHERS EN LA CONSTRUCCION DE EMBARCACIONES".

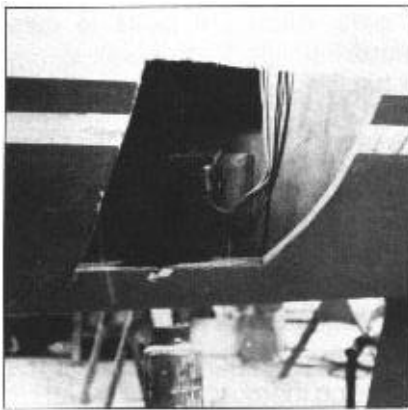


Figura 6-15 Retire la sección dañada



Figura 6-16 Bisele los bordes y fije unas viguetas provisionales detrás del agujero.



Figura 6-17 Cubra las viguetas con un plástico para impedir su encolado.

6.4.1 Laminar un parche curvado en su posición

El laminado de un parche para reparar un panel moldeado combina dos procedimientos ya explicados, la reparación de secciones de contrachapado dañadas y el laminado de cuadernas. El laminado de una sección de panel curvado que tiene una sección dañada de gran tamaño requiere el uso de listones provisionales que actúan como una plantilla. Lamine el parche en su posición de la siguiente manera:

1. Recorte la sección dañada del panel y retírela. Defina el área dañada. Use una sierra circular o alternativa para cortar un cuadrado o un rectángulo del tamaño más pequeño posible que cubra el área a sanear (*Figura 6-15*). Verifique además el alcance del daño en el interior del panel.
2. Bisele los bordes del agujero con una lijadora de disco. Lije un bisel como mínimo de 8 a 1 desde los bordes del agujero. (Si, por ejemplo, el panel de contrachapado es de 12mm de espesor, el bisel debe extenderse al menos 100mm desde el borde del agujero a todos los lados).
3. Fije con tornillos unos listones provisionales detrás del agujero (*Figura 6-16*). Los listones deben ser lo suficientemente fuertes y cercanos entre sí para mantener las chapas conformadas a la forma debida. Cubra los listones con un plástico para impedir su encolado (*Figura 6-17*).
4. Sujete con grapas la primera capa de enchapado sobre los listones. Coloque los enchapados inclinados a unos 35° de la vertical. Bisele los extremos de las chapas para que coincidan con el bisel del borde del agujero. Encole estas primeras chapas sólo en los puntos de contacto de los biseles usando el procedimiento de encolado de la Sección 3.4.2. Use un aditivo 403 o 406 para espesar el epoxi a una consistencia de mayonesa.

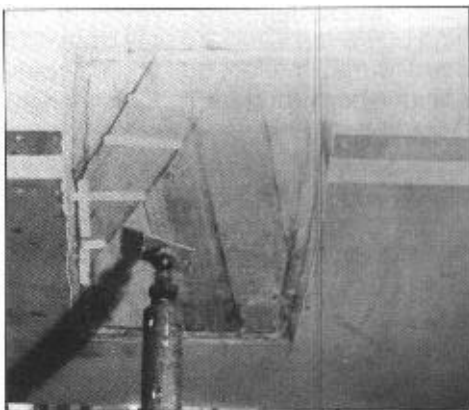


Figura 6-18 Encole la segunda capa inclinada en dirección contraria a la primera.

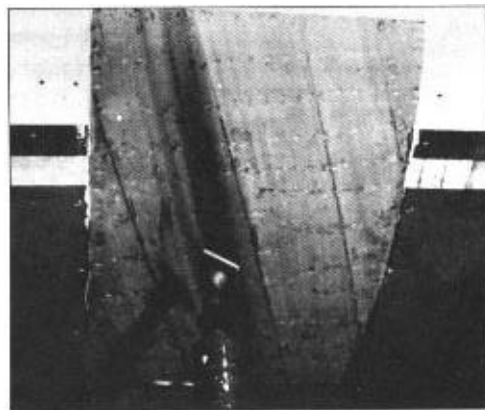


Figura 6-19 Continúe hasta terminar todas las capas, alcanzando el espesor del recubrimiento exterior.

5. Encole la segunda capa después de que la primera haya alcanzado un curado parcial. Sin embargo, si ha alcanzado el curado completo, será necesario lijar (*Figura 6-18*). Coloque las chapas inclinadas en la dirección opuesta a unos 35° de la vertical. Quite las grapas sólo en el área debajo de la chapa a encolar. Recubra con el epoxi la cara de la nueva chapa y las áreas de contacto de la primera capa incluidos ambos biseles. Grape a través de las chapas hasta alcanzar los listones y los biseles para posicionar las chapas planas.
6. Continúe la operación hasta que todas las chapas hayan sido colocadas y el espesor del recubrimiento original sea el doble (*Figura 6-19*). Cada vez que efectúe el encolado de nuevas chapas, quite las grapas que sujetaban la capa previa. De esta manera las laminas anteriores permanecerán en posición aún cuando el epoxi no haya curado completamente. Esto permitirá efectuar el encolado de varias capas de chapa en una operación continua. Asegúrese de que las grapas tienen el largo necesario para penetrar hasta los listones o hasta chapas que hayan curado completamente. Deje que la última capa cure completamente antes de quitar las grapas y llevar a cabo un alisado y el acabado final.

6.4.2 Laminar un parche fuera del área dañada

También se puede reparar la sección de un panel usando el recubrimiento exterior existente como un molde para laminar un parche y después encolar en posición el parche conformado en una pieza. El tamaño del parche debe incluir el área dañada más un bisel de 8 a 1 a su alrededor. Coloque un plástico de un tamaño mayor al del parche sobre el área a utilizar como molde.

La ubicación ideal será un área adyacente con una curva ligeramente más acentuada que la del área dañada para compensar la recuperación elástica del chapado durante el moldeo (*Figura 6-20*). Después de laminar el número necesario de chapas para duplicar el tamaño y espesor de la sección dañada (más los biseles), prepare los biseles emparejados del área dañada y el parche. Luego encole el parche en posición de acuerdo con el procedimiento descrito en la Sección 6.3.2.

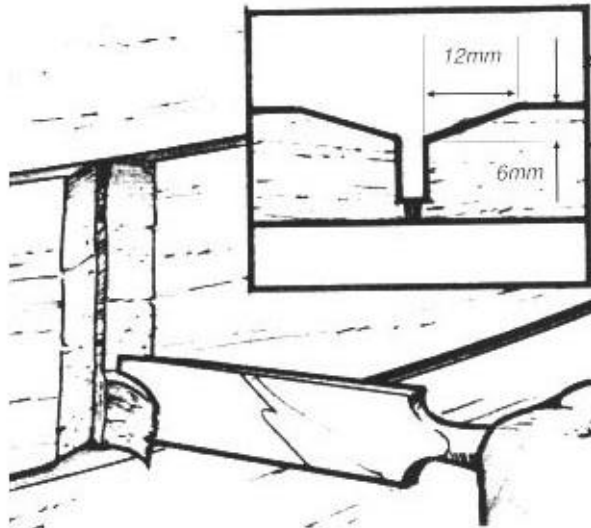


Figura 6-20 *Lamine un panel de sustitución usando como molde una superficie adyacente al área dañada.*

6.4.3 Laminar un nuevo recubrimiento sobre un viejo recubrimiento exterior

La técnica de laminar una o más chapas sobre un casco existente ha dado una nueva vida a muchas embarcaciones que de otro modo habrían sido dadas por perdidas. El espesor y la naturaleza del nuevo recubrimiento dependerá del grado de resistencia que todavía tenga el viejo. Una vez se haya establecido el espesor y tipo de madera se deberá determinar el espesor y número de capas de chapado. La regla general es usar el mínimo número de capas con el máximo espesor que permita doblarlas y fijarlas a las curvas más cerradas del casco.

Si las costuras de los cascos de tablas se encolan con anterioridad al chapado, se incrementará la rigidez y se reducirá el número de capas necesario (ver Sección 6.1). Lamine los chapados sobre un recubrimiento existente de la siguiente manera:

1. Prepare el casco existente para el encolado. Asegúrese de que la superficie esté limpia, seca y lijada. Apoye el casco en su forma correcta. Rellene y alise las depresiones que sean demasiado grandes para ser cubiertas por el enchapado. Lije cualquier punto sobresaliente que impida que el enchapado se asiente plano.
2. Encole la primera chapa aproximadamente en medio del casco. Use el método de encolado de una etapa (Sección 3.4.2) con una mezcla de epoxi/aditivo de baja densidad. Grape el chapado para que se asiente plano sobre la superficie con una inclinación de 35° (*Figura 6-21*). Ajuste el ángulo lo suficiente para que el chapado se asiente plano en toda su extensión.
3. Encole el resto de las chapas de la primera capa. Recorte la segunda chapa para que encaje exactamente con la primera y se asiente plana sobre la superficie. Si la superficie es una curva compuesta, puede ser necesario biselar los extremos de la chapa. Encole y grape la segunda

chapa en posición. Continúe recortando y encolando chapas en ambas direcciones a partir de la primera.

4. Lije la superficie y alísela después de que el epoxi haya curado totalmente. Las grapas deben ser retiradas antes del lijado a menos que sean de un material no corrosible y puedan permanecer en posición.

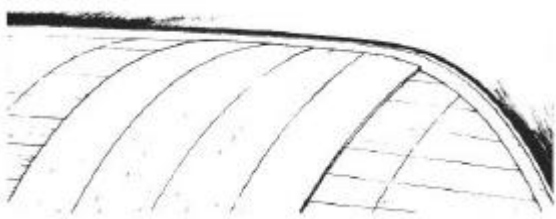


Figura 6-21 Encole la primera capa con una inclinación que permita un asentamiento plano.

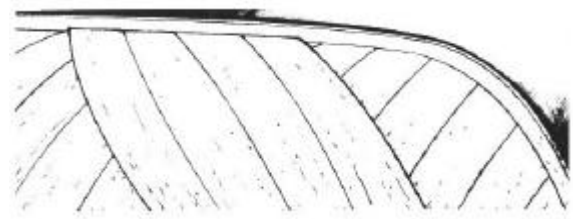


Figura 6-22 Encole la segunda capa de chapas en dirección diagonalmente opuesta a la primera capa.

5. Repita el proceso con la segunda capa (*Figura 6-22*). Empiece el primer chapado en el punto central y con una inclinación de 35° en dirección opuesta a la de la primera capa. Recorte y encole el resto de los chapados.
6. Repita el proceso con las capas restantes. Quite las grapas cuando la última capa haya curado. Lije la superficie, alísela y prepárela para su acabado definitivo.

6.5 Instalación de una cubierta con chapas de teca

Los listones finos de teca embebidos en una capa espesa de epoxi/grafito producen la apariencia de una cubierta auténtica de teca siendo a la vez duradera y de bajo mantenimiento. Aunque se pueden usar listones de 6mm de espesor, podremos limitar los efectos de cambios dimensionales usando listones de espesor menor que 3mm. Una cubierta de 3mm de espesor puede proporcionar años de servicio en áreas de tráfico denso y reducir el peso adicional de una nueva cubierta de teca al mínimo. Los listones deben tener un ancho entre 37 y 50mm, con los bordes cepillados suaves y rectos. Las superficies planas (superior e inferior) deben dejarse en estado de corte basto. La textura áspera dejada por la sierra mejora el encolado de los listones. Las marcas que queden sobre las superficies expuestas se lijaron una vez que la nueva cubierta haya sido instalada.

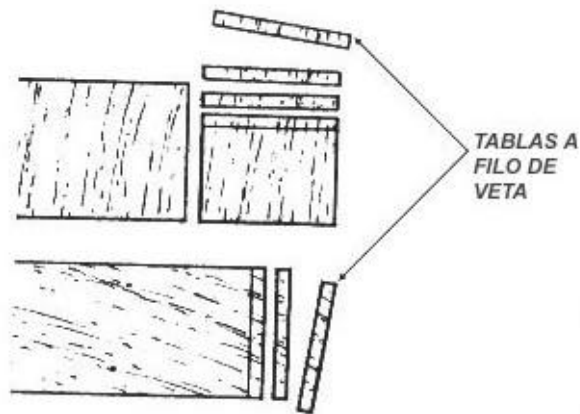


Figura 6-23 Los listones finos aserrados al cuarto proporcionan una cubierta atractiva y dimensionalmente estable con un desgaste uniforme

Si la intención es producir los listones de material de acopio, seleccione un ancho de tabla que permita el corte más eficiente del tablón. Por lo general la teca está disponible en tablas desbastadas de 50mm de espesor. Con estas tablas se puede obtener un acabado de 44mm. Aserre el material al cuarto para producir los listones (*Figura 6-23*). Esta orientación minimizará las dilataciones y contracciones de la madera y proporcionará una superficie más atractiva que con listones aserrados al hilo. Instale una cubierta de teca de la siguiente manera:

1. Planifique la disposición de los listones de teca. Instale los primeros listones de teca en la ubicación deseada y luego marque puntos de referencia de localización en los listones y sobre la cubierta.
2. Lije cualquier superficie de encolado alisada con papel de lija de grano 50 y quite el polvo de lijado. Treinta minutos antes del encolado, frote los listones con toallitas de papel saturadas con un disolvente agresivo como la acetona.
3. Impregne con resina/endurecedor no espesada la superficie de contacto de los primeros listones de teca y las áreas de la cubierta correspondientes.
4. Aplique una mezcla espesada de epoxi sobre la superficie impregnada de la cubierta. Use Silica Coloidal 406 con consistencia de mayonesa y añada la cantidad de Polvo de Grafito 423 necesaria para darle a la mezcla un color negro opaco. Aplique una capa suficientemente espesa para cubrir cualquier hueco y penetrar entre las tablas. Una Espátula de Plástico 808 con un borde estriado funciona bien para aplicar una capa uniforme sobre el substrato.
5. Localice los puntos de referencia y coloque los primeros listones en su emplazamiento.
6. Sujete la tabla en posición mediante tornillos de metal ~10 y arandelas grandes. Coloque los tornillos y arandelas entre los listones a intervalos de

200mm. Cada hilera de tornillos sujetará los bordes de dos listones adyacentes y actuará como espaciador (*Figura 6-24*).

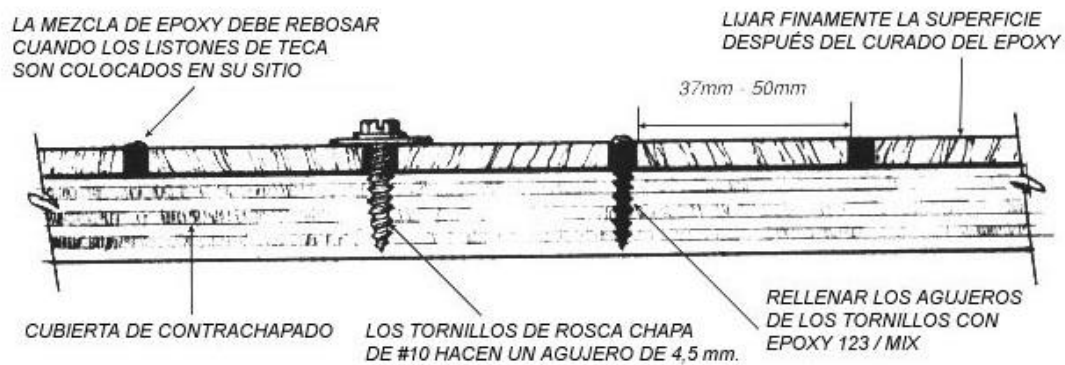


Figura 6-24 Los tornillos de rosca chapa con arandelas grandes sujetarán los listones en su sitio hasta que la mezcla de epoxy/403/grafito haya curado totalmente.

Unte los tornillos y las arandelas con un compuesto de liberación de moldes o coloque una pequeña hoja de plástico debajo de las arandelas para evitar su encolado. Las arandelas también pueden cortarse de un plástico rígido o de una tablilla fina de madera con agujeros taladrados para los tornillos. Apriete bien los tornillos después de haber presionado bien los listones adyacentes contra los tornillos. La mezcla de epoxy debe rebosar los listones. Cualquier hueco entre los listones debe rellenarse en este momento con una mezcla de epoxy/406/grafito.

7. Instale el resto de los listones, varios a la vez, siguiendo el mismo procedimiento.
8. Deje que el epoxy cure de 8 a 24 horas antes de retirar los tornillos y las arandelas. Si espera más tiempo, será mucho más difícil retirar los tornillos. Apriete cada tornillo ligeramente (5°) antes de empezar a retirarlo. Si es difícil retirar un tornillo, caliente la cabeza con la punta de un hierro para soldar. Mientras el tornillo está caliente intente destornillarlo. Repita hasta conseguirlo.
9. Rellene los agujeros de los tornillos con una mezcla de epoxy/406/grafito. Una jeringa cargada con la mezcla agilizará la operación.
10. Lije la superficie con una rotorbital y papel de lija de grano 50 para nivelar las superficies del epoxy y de la teca. Lije hasta que las marcas de aserrado desaparezcan de la superficie de la teca. Efectúe un lijado fino con papel de lija de grano 80 y acabe con uno de grano 120. La superficie de teca puede dejarse en su estado natural o ser acabada con un aceite de teca para aplicaciones marinas.

Sección 7

Accesorios

Ahora que la cubierta ha sido restaurada, los accesorios merecen la misma atención. Para superar los problemas asociados con la instalación de accesorios en embarcaciones de madera, Gougeon Brothers Inc. ha desarrollado un sistema llamado encolado de accesorios. Como el nombre sugiere, los accesorios son encolados a la madera para distribuir, sobre una superficie mayor, las altas cargas concentradas en un punto, permitiendo al epoxi sellar y proteger la veta a contrafibra expuesta por el agujero del elemento fijador.

Hay dos maneras de hacerlo. La primera es encolar todas las sujeciones (tornillos, pernos o varillas roscadas) directamente a la fibra de madera que los rodea. La segunda es encolar las sujeciones y el accesorio mismo a la superficie sobre la cual descansa. Mediante el uso de técnicas correctas de encolado de accesorios, la capacidad de soportar cargas por parte de los accesorios aumenta enormemente en comparación con los métodos de instalación convencionales.

La experiencia nos demuestra que en aplicaciones marinas, los accesorios y elementos de fijación encolados presentan una excelente resistencia a los ataques corrosivos. En aquellos lugares donde los elementos de fijación estén expuestos a la flexión y a la acción del agua salada (por ejemplo: carriles curvos o sobreelevados, pernos en U o cancamos ciegos aislados encolados), un pequeño filete sellador de silicona que cubra la junta entre el epoxi curado y el elemento de fijación los protegerá frente a la entrada de humedad y sal. Naturalmente, la superficie metálica expuesta al ambiente estará sujeta a los efectos corrosivos del agua de mar; por lo tanto será necesario llevar a cabo los procedimientos de mantenimiento y limpieza requeridos.

7.1 Encolado de elementos de fijación

El encolado del elemento a la madera se puede hacer de varias maneras. El método más fácil y común consiste simplemente en impregnar con resina/endurecedor un agujero piloto normal para un elemento de fijación dado. Efectue el encolado de elementos de fijación de la siguiente manera:

1. Introduzca la mezcla al fondo del agujero con un limpiapipas o una jeringa.
2. Introduzca el elemento de fijación en el agujero y espere a que el epoxi cure.

Esto forma una matriz madera/epoxi alrededor del elemento de fijación que es más fuerte que la madera misma y distribuye la carga sobre un área más grande de la fibra de la madera.

7.2 Encolado de accesorios

La capacidad de carga de un accesorio aumenta en gran medida (aprovechando el hecho de que el epoxi WEST SYSTEM es de mayor densidad y más resistente que la fibra de la madera misma) si se incrementa la cantidad de epoxi que rodea al elemento de fijación y se encola la base del accesorio directamente sobre la superficie. Para aumentar la transferencia de carga, encole de la siguiente manera:

1. Taladre un agujero guía sobredimensionado para aumentar el área de la madera expuesta a la adhesión del epoxi alrededor del elemento de fijación. Este agujero puede ser más grande que el elemento de fijación - el doble del diámetro, por ejemplo. Taladre el agujero a una profundidad de $2/3$ a $3/4$ de la longitud del elemento de fijación.



Figura 7-1 Un agujero guía de tamaño normal al fondo de un agujero sobredimensionado proporcionará una presión de sujeción suficiente para mantener al accesorio en posición mientras el epoxi cura.

2. Taladre un agujero guía de tamaño normal al fondo del agujero sobredimensionado con una profundidad igual a la longitud del elemento de fijación (*Figura 7-1*). Esto permitirá que la rosca en el extremo del elemento engrane con la madera y se mantenga en posición mientras el epoxi cura.
3. Prepare el accesorio limpiando la superficie de contacto con un disolvente para eliminar cualquier tipo de suciedad. Rasque la superficie de contacto con un cepillo de alambre o con papel de lija de grano 50 para proporcionar un "anclaje" del epoxi sobre la superficie.
4. Rellene completamente los agujeros con epoxi. Deje que el epoxi penetre en la veta a contrafibra de la madera durante unos minutos. Si el agujero sigue lleno después de 5 minutos, quite el epoxi con una jeringa.
5. Recubra la superficie de contacto de la base del accesorio con epoxi no espesado. Cepille con cepillo de alambre o lije, con papel de lija de grano 50, el epoxi húmedo sobre la superficie. Al lijar la base recubierta, el epoxi quedará expuesto directamente al metal virgen evitando la oxidación de

este último.

6. Inyecte una mezcla espesada pegajosa de epoxi/404 o 406 dentro del agujero. Use suficiente mezcla para no dejar huecos después de colocar el elemento de fijación. Recubra la base del accesorio y la rosca del elemento de fijación con la mezcla espesada.
7. Coloque el accesorio en posición. Introduzca y apriete los elementos de fijación hasta que un poco de la mezcla rebose de la junta. No apriete demasiado.
8. Limpie el epoxi excedente que haya rebosado.
9. Deje que el epoxi cure como mínimo durante 24 horas antes de aplicar una carga sobre el accesorio. Permita más tiempo de curado si el tiempo es frío.

El encolado de la superficie de contacto de un accesorio puede contribuir en gran medida a la distribución de cargas sobre el máximo de área superficial de la madera. El epoxi WEST SYTEM se utiliza para realizar excelentes uniones con la mayoría de metales. No obstante, es necesario llevar a cabo una cuidadosa preparación de la superficie metálica para obtener una buena adhesión. Esto incluye un lijado y un tratamiento químico. Por ejemplo, el aluminio requiere una preparación de la superficie en dos etapas. La primera etapa consiste en el uso de un acondicionador ácido que elimine la corrosión. La segunda etapa es una estabilización química de la superficie que evita la oxidación y da tiempo para un recubrimiento o un encolado.

7.3 Bases moldeadas de epoxi para accesorios

Ocasionalmente, los accesorios deben instalarse inclinados a un cierto ángulo sobre el casco o la cubierta. Las bases para elementos de arriar, candeleros, pasamanos, chigres y motores giratorios son buenos ejemplos. Tradicionalmente, la inclinación se obtenía mediante cuñas labradas a mano a fin de conseguir el ángulo correcto para tales accesorios, pero los calzos de madera requieren mucho tiempo y también destreza en la carpintería. El moldeo de los accesorios puede ahorrar tiempo y es más fácil de conseguir, y lo que es más importante, puede proporcionar una base más resistente y estanca. Moldee la base inclinada a la superficie de la siguiente manera:

1. Prepare las superficies de encolado. Limpie el substrato y las superficies de encolado del accesorio con un disolvente (p.ej.: acetona) para eliminar cualquier suciedad. Lije la cubierta con papel de lija de grano 50. Aplique sobre la base del accesorio un agente de liberación como la cera para automóviles o un lustrador de silicona.
2. Posicione el accesorio. Marque su contorno y coloque calzos para obtener el ángulo requerido. Marque las posiciones de los calzos. Por lo general, un borde del accesorio descansa sobre la cubierta y se convierte en el punto cero del ángulo requerido.
3. Impregne el substrato (cubierta), excepto las posiciones de los calzos, con una mezcla de resina/endurecedor.

4. Moldee soportes con epoxi debajo del accesorio (*Figura 7-2A*). Prepare una mezcla de resina/endurecedor/aditivo Alta Densidad 404 con consistencia de manteca de cacahuete. Use un bastón de mezclar para depositar tres porciones de la mezcla dentro del contorno del accesorio dispuestas uniformemente sobre el perímetro. Utilice suficiente material y apílelo a una altura que permita hacer contacto con la base del accesorio cuando éste se coloque sobre los calzos en su posición correcta. Una vez curados, los soportes de epoxi sustituirán a los calzos provisionales. Coloque el accesorio en posición con los calzos provisionales apoyándolo a la altura y con el ángulo correctos. La base del accesorio debe estar en contacto con los tres soportes de epoxi. Deje que los soportes de epoxi curen completamente.
5. Golpee ligeramente el accesorio con una maza para liberarlo y retire los calzos provisionales. Cubra el área alrededor del accesorio con plástico y cinta aislante por si hay derramamientos accidentales de epoxi.
6. Prepare la cubierta y el accesorio para el moldeo de la base. Limpie y lije el epoxi curado en el área de la base de la cubierta. Vuelva a aplicar el agente liberador del molde sobre la base del accesorio. En ese instante, cubra las áreas del accesorio que no deban entrar en contacto con el epoxi. Es aconsejable taponar los agujeros del accesorio para evitar que el epoxi se escurra a través de éstos cuando se vuelva a posicionar la pieza.
7. Aplique suficiente epoxi/404 espesado con consistencia de manteca de cacahuete para rellenar la base entera. Si la base a moldear excede un espesor de 12mm, use el Endurecedor Lento 206 para reducir la posibilidad de una acumulación de calor exotérmico durante el curado. Aplique la mezcla hasta una altura ligeramente superior a los soportes de base conformándola lo más posible al contorno de la base. Rellene los huecos alrededor de los soportes de epoxi.
8. Vuelva a colocar el accesorio en su posición correcta. Presiónelo lentamente en su posición encima de los soportes de epoxi. Deje escurrir el excedente de epoxi del espacio entre la base del accesorio y la cubierta. Conforme la mezcla escurrida a la forma deseada (*Figura 7-2B*). Un filete normal funciona bien en este caso. (Sección 3.4.3). Si es preciso, añada más mezcla para conformar o rellenar cualquier hueco. Retire cualquier excedente antes del curado. Deje que el epoxi cure completamente.

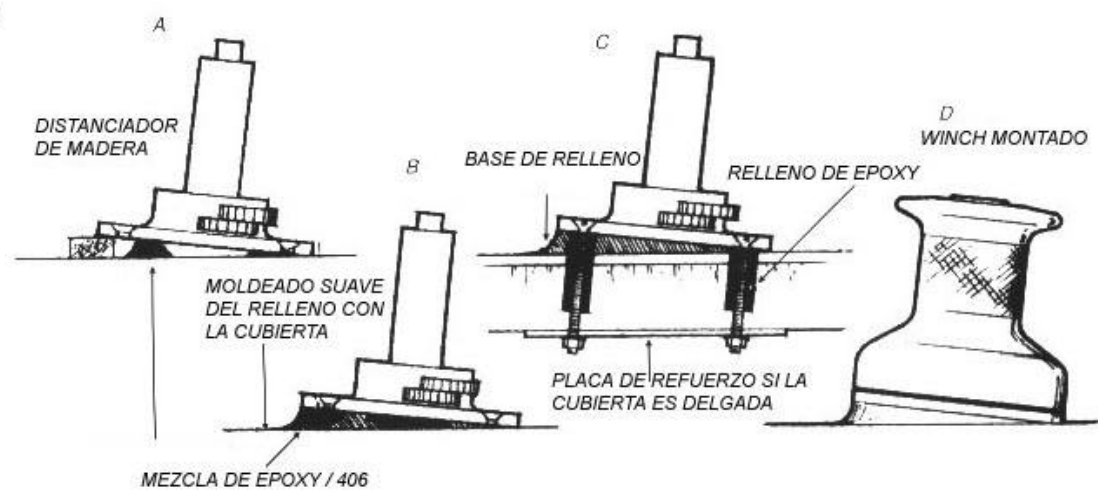


Figura 7-2 El moldeado de accesorios es un excelente método para instalar elementos que no se apoyan nivelados con la cubierta, como los chigres.

9. Golpee ligeramente el accesorio con una maza para retirarlo de la base. Limpie la base del accesorio y la parte superior de la base moldeada con un disolvente (p. ej. : acetona) para eliminar el agente de liberación del molde. Lije ambas superficies de encolado con papel de lija de grano 50.
10. Lije la base moldeada a la forma definitiva deseada. Empiece con papel de lija de grano 50 o una lima si la base es demasiado irregular. Termine con papel de lija de grano 80.

Encole el accesorio a la base moldeada usando el procedimiento de encolado de accesorios de la sección 7-2 (*Figura 7-2C*). Taladre agujeros guía normales y sobredimensionados a través de la base moldeada. Espere al curado completo del epoxi antes de aplicar cargas al accesorio. Aplique tres capas de una mezcla de resina/ endurecedor a la base antes del acabado definitivo.

7.4 Accesorios desmontables

Un programa de pruebas en Gougeon Brothers Inc. ha demostrado que con los elementos de fijación encolados, la adhesión al metal es menos importante que el "engranaje" entre el epoxi y la rosca del elemento de fijación. Este factor permite al constructor untar el elemento de fijación con una fina película de agente de liberación de molde antes del encolado para facilitar la extracción del elemento de fijación después de que el epoxi haya curado.

Los ensayos de resistencia a la fatiga de varillas roscadas con o sin una fina película de agente de liberación de molde indican sólo una reducción del 4-10% en la resistencia a la fatiga del elemento de fijación con la película de agente liberador de molde. Una película fina de agente liberador de molde proporciona un rendimiento más fiable que una película espesa. Los agentes de liberación de molde más adecuados son compuestos basados en pasta de cera o silicona en pulverizador. Aunque la reducción en la resistencia del elemento de fijación es leve, este factor debe tenerse en cuenta en el cálculo de cargas sobre accesorios. De todos modos, siempre que sea posible, se

recomienda el encolado de todos los accesorios y elementos de fijación, en vez de utilizar agentes de liberación de molde.

7.5 Extracción de accesorios encolados

A veces es necesario retirar accesorios que han sido encolados. A temperaturas superiores a 65° el epoxi curado empieza a perder sus propiedades físicas; la resina se ablanda y su capacidad de encolado se reduce considerablemente. Se puede utilizar esta característica a beneficio propio para desmontar un accesorio encolado.

1. Retire todos los elementos de fijación. Si se utilizó un agente de liberación de molde, se aflojarán sin demasiadas dificultades. Si los elementos de fijación fueron encolados, será necesario calentarlos usando un hierro de soldar. El epoxi alrededor del elemento de fijación se ablandará lo suficiente para aflojar el elemento de fijación cuando, a través del elemento de fijación, se transmita el calor necesario.
2. Caliente ligeramente el accesorio con un soplete de propano. Proteja el área alrededor del accesorio contra quemaduras cubriéndola con un contrachapado humedecido con agua. Deje fluir el calor a la base del accesorio. Un golpe seco con una maza será suficiente para despegar el accesorio. Si el accesorio no se suelta fácilmente al primer intento, no lo fuerce. Vuelva a calentar otra vez con el soplete y repita la operación.
3. Reponga el accesorio siguiendo los procedimientos de la Sección 7.2. Vuelva a taladrar los agujeros en el epoxi como si se tratara de una instalación completamente nueva.

Sección 8

Recubrimientos de Protección y Mantenimiento

8.1. Luz solar y recubrimientos de protección

La luz solar constituye una amenaza para las estructuras y los acabados de embarcaciones de materiales mixtos. El ataque tiene dos frentes: el calor y los rayos ultravioleta (UV). Cualquier acabado de epoxi sin recubrimientos de protección es vulnerable a la degradación por ultravioletas. El epoxi WEST SYSTEM, incluso el Endurecedor Especial de Recubrimiento 207, no han sido formulados como acabados definitivos. Por lo tanto, con epoxis que vayan a quedar expuestos a la luz solar, se recomienda el recubrimiento, lo más pronto posible, con una capa de pintura opaca o con un recubrimiento con inhibidor ultravioleta. Si la superficie va a ser pintada, añada un pigmento a las dos últimas capas de epoxi para proteger la superficie. Las superficies sin una exposición directa a los UV, como las que se encuentran debajo de la cubierta, durarán más tiempo sin una capa de protección que las superficies con una exposición directa.

Aunque un recubrimiento transparente tiene intrínsecamente una vida más corta que un acabado con pintura, es tradicional entre los propietarios de embarcaciones de madera utilizar recubrimientos transparentes para proteger y realzar la belleza natural de la madera. Para muchos de ellos, el atractivo principal de las embarcaciones de madera es la belleza de la madera misma y están dispuestos a invertir mucho tiempo y dinero para conseguir casi la perfección en sus acabados de madera.

Desafortunadamente, debido a la exposición a la luz solar, estos bellos acabados no duran indefinidamente. Al final, las embarcaciones deben ser decapadas y se les debe aplicar nuevos recubrimientos, generalmente con un gran coste. Por ello, los propietarios exigen acabados con la vida más larga posible.

La primera fase en la degradación del acabado es la pérdida de brillo, por lo tanto la retención del brillo superficial es esencial para la longevidad del recubrimiento. La degradación de un recubrimiento transparente debido a la luz solar tiene dos causas fundamentales. La primera es la degradación gradual del material de recubrimiento. La segunda son los leves cambios físicos y químicos que ocurren en las células superficiales de la madera afectadas por la luz solar a través del recubrimiento transparente. Se cree que este cambio en las células de la madera contribuye al fracaso del recubrimiento favoreciendo una separación física entre el recubrimiento ya debilitado y la superficie de la madera.

A menudo se nos pregunta cuánto tiempo durará un recubrimiento sobre una superficie de madera. La respuesta no es simple porque la vida de un recubrimiento depende de muchos factores. Consideramos los siguientes como los más importantes:

1. El número de horas de exposición a la luz solar en un clima dado. Los climas nubosos son menos hostiles que los climas soleados. El sur del Mediterráneo es peor que el norte de Europa porque, por término medio, la

radiación solar en el sur del Mediterráneo está menos filtrada por la atmósfera.

2. El ángulo de la superficie a la luz solar. Por ejemplo, a mediodía, cuando los dañinos rayos UV del sol son más fuertes, la cubierta recibirá más radiación directa que los costados de las cabinas.
3. Las superficies con brillo elevado reflejan más los rayos UV (y son por lo tanto menos vulnerables) que las superficies opacas, sean del color que sean.
4. Las maderas claras son más reflectoras que las maderas con tintes más oscuros y, del mismo modo, las pinturas claras reflejan más que los colores oscuros (*Figura 8-1*).

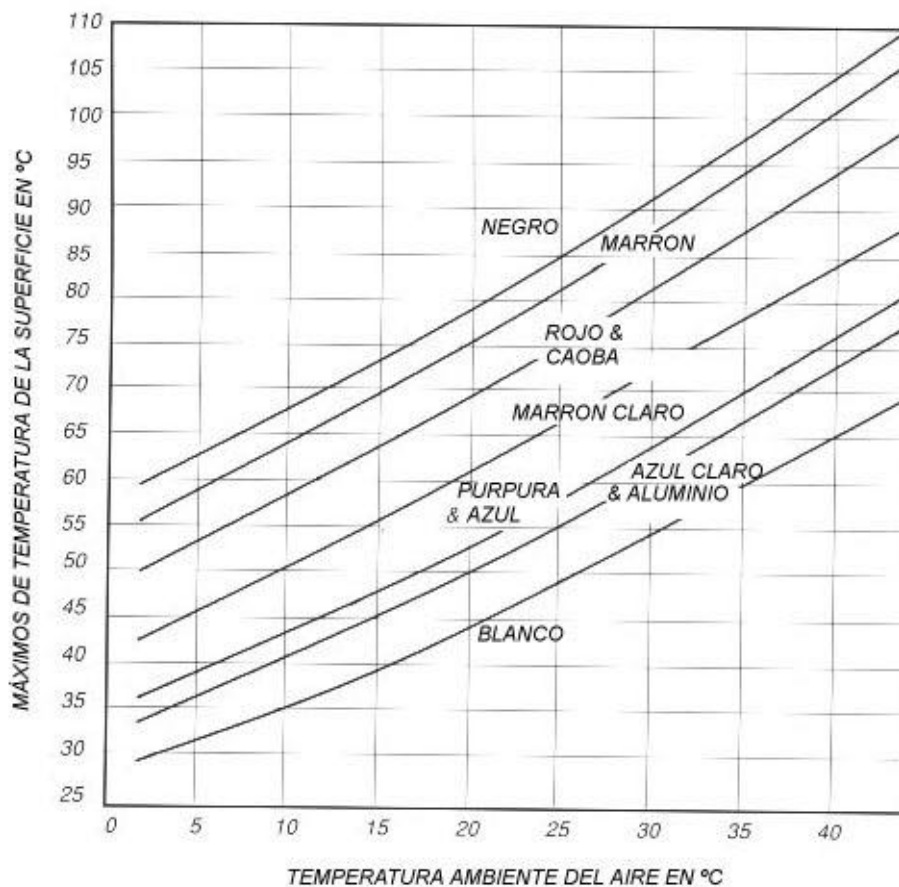


Figura 8-1 Variaciones de color con respecto a la temperatura de la superficie bajo la luz del sol.

5. Los recubrimientos transparentes de mayor espesor duran más tiempo que los recubrimientos de menor espesor.
6. Los barnices con gran contenido de inhibidores UV duran más tiempo que los barnices sin este aditivo. Los barnices modernos de poliuretano en dos partes duran más tiempo que los tradicionales barnices fenólicos.
7. Una subcapa epoxídica de alta resistencia, como la mezcla WEST SYSTEM 105/207, usada como una capa de saturación debajo de un

barniz, proporcionará una vida más larga que el barniz solo. Además, la resistencia a la humedad aumentará enormemente.

A lo largo de muchos años de observación y experimentación con todo tipo de acabados, sobre todo con acabados transparentes, Gougeon Brothers, Inc. ha estudiado los efectos de estos factores. En el laboratorio, Gougeon Brothers, Inc. ha utilizado una máquina de climatización para acelerar el efecto de los rayos UV sobre superficies con recubrimientos y poder así comparar directamente los diferentes productos, los tipos de acabados, la preparación de las superficies y los substratos de los recubrimientos, bajo condiciones de ensayo controladas (*Figura 8-2*).



Figura 8-2. Muestras de pruebas, después de 3600 horas en una máquina generadora de UV

Este programa de ensayos nos ha dado la oportunidad de evaluar un amplio abanico de variables y muestras y ha servido de guía para Gougeon Brothers, Inc. en el desarrollo del Endurecedor Especial para Recubrimientos WEST SYSTEM 207. Usados conjuntamente, estos productos proporcionarán un acabado transparente de calidad superior con una excelente resistencia a los daños causados por la humedad y la radiación UV.

8.2 Aplicación de las capas epoxídicas de acabado

Como se indica en la Sección 3.4.7, aplique un mínimo de tres capas de epoxi WEST SYSTEM para obtener resistencia a la humedad y proporcionar una base alisada para un recubrimiento transparente o de pintura. Si se ha efectuado un lijado entre capas, aplique capas adicionales hasta un espesor máximo recomendado de 375-500 micras a fin de obtener un acabado profundo y duradero (cada capa tiene aproximadamente 125 micras de espesor).

Recomendamos el uso del Endurecedor Especial de Recubrimientos WEST SYSTEM 207 para un acabado transparente de más alta calidad y más duradero. El 207 contiene un filtro UV que mejora la capacidad de la mezcla epoxi105/207 para resistir los efectos dañinos del sol sin poner en peligro la resistencia a la humedad. Si no se precisa un acabado transparente, seleccione el endurecedor (205, 206 o 209) que mejor responda a las

necesidades del trabajo en cuestión.

Los procedimientos generales para el recubrimiento epoxídico de acabado figuran en la Sección 3.4.7. A continuación se dan los que son de aplicación específica al Endurecedor Especial de Recubrimientos 207 para preparar un acabado profundo y lustroso en el menor tiempo posible:

1. Lije y alise la superficie de la madera usando un papel de lija de grano 80 o más fino. Lije siempre en el sentido de la veta.
2. Aplique una capa de saturación de 105/207 sobre la superficie de la madera y deje que cure completamente a la temperatura ambiente. La capa de saturación curada causará una "hinchazón" de la madera y será áspera al tacto. Lije en seco o raspe la veta hinchada de la madera hasta conseguir una ligera suavidad. (Proceda con cuidado y evite lijar completamente esta capa de saturación inicial).
3. Aplique una segunda capa de 105/207 usando el método del rodillo y la brocha de esponja descrito en 3.4.7. Nivele la capa lo más posible.
4. Aplique una tercera capa en cuanto la segunda haya empezado a curar (al menos 90-120 minutos a 18°C). Ponga un cuidado especial en aplicar capas finas y uniformes para evitar que se corran o se hundan. Añada el número de capas necesario para obtener el espesor de recubrimiento deseado. Alise cada capa con la brocha de esponja.
5. Deje que las capas curen completamente. El curado puede acelerarse con calor moderado, pero demasiado calor producirá burbujas.
6. Efectue un lijado húmedo de la superficie curada de epoxi 105/207 para obtener un acabado equivalente a un grano 220 o más fino.

8.3 Aplicación de recubrimientos transparentes

Aunque un recubrimiento 105/207 debidamente aplicado puede tener un acabado muy brillante, se recomienda cubrir la superficie con un barniz de la mejor calidad.

1. Mezcle completamente el barniz de poliuretano de dos partes en la proporción correcta.
2. Para grandes aplicaciones sobre superficies extensas, utilice siempre el Rodillo de Poliuretano 800 que le proporcionará una aplicación más uniforme en menos tiempo. Esto significa que habrá menos posibilidades de que se deslice y habrá más tiempo para retocar el recubrimiento más adelante.
3. Use un pincel de alta calidad con la punta afilada y de 50 a 75mm de ancho de acuerdo con la complejidad de la superficie a recubrir.
4. Durante la aplicación, el rodillo dejará una superficie ligeramente picada con cierta cantidad de aire atrapado en el recubrimiento. En la mayoría de

los casos, este picado fluirá y las burbujas desaparecerán dejando una superficie lisa de alto brillo una vez curada. Bajo ciertas condiciones será necesario peinar con una brocha las marcas del rodillo para favorecer el alisado. Efectue esta operación con pinceladas suaves y uniformes lo más pronto posible después de la aplicación del barniz. Tenga en cuenta el tiempo disponible para esta operación de "peinado" el cual variará con el clima. Una temperatura fresca le permitirá disponer, sin dificultades, de unos 5 minutos para peinar un recubrimiento que se acaba de aplicar. En condiciones de sequedad y calor el tiempo disponible será menor.

A menudo nos preguntan qué número de capas de barniz se deben aplicar. La respuesta es que cuanto mayor sea el número, mejor, pero sabiendo que la última capa requiere mucho brillo para su longevidad. Inicialmente, aplique dos o tres capas sobre la base de epoxi 105/207 y una nueva capa cada dos o tres años para asegurar la continuación de una superficie brillante. Este mantenimiento no sólo restaura el alto brillo a la superficie sino que también sana defectos y arañazos y mantiene la barrera protectora contra los UV. Por lo tanto, potencialmente proporciona un acabado muy duradero.

8.4 Pintura

Una alternativa de acabado serían las pinturas totalmente pigmentadas. Los pigmentos actúan como un filtro frente a todos o la mayoría de los dañinos rayos UV protegiendo el soporte. Sin embargo, a lo largo de los años tiene lugar una lenta oxidación de la superficie ocasionando la pérdida de brillo. Las pinturas claras son más reflectoras y mantienen el brillo más tiempo que los colores más oscuros. La protección del sustrato contra el calor es otra razón importante por la cual se deben elegir colores claros (*Figura 8-1*).

Entre los distintos sistemas de pintura disponibles se encuentra el esmalte, el poliuretano (en una y dos partes) y el poliuretano lineal. Algunos recubrimientos son más duraderos que otros, y algunos son peligrosos al aplicarlos. Se recomienda contactar un fabricante de pinturas serio para obtener consejo sobre el mejor sistema de pintura disponible que responda al trabajo en cuestión.

Sea cual sea el sistema seleccionado, es importante asegurar una preparación adecuada de la superficie de acuerdo con la sección 3.4.8 de este manual y con las instrucciones y la información del fabricante del recubrimiento.

8.4.1 Imprimadores

La mayoría de los recubrimientos para acabados se adherirán a una superficie epoxídica que haya sido bien lijada, aunque, con algunas pinturas, son necesarios imprimadores de interfaz; en particular con las pinturas especiales para los fondos del casco (antiincrustantes). Si las instrucciones del fabricante de la pintura o barniz recomiendan imprimir la superficie, lije el epoxi hasta que desaparezca el brillo y siga las instrucciones del fabricante para la preparación. Ensaye el producto en un lugar discreto para comprobar que se adhiere al epoxi. Si el producto no se seca en el tiempo especificado en el envase, contacte con el fabricante.

Una capa de base coloreada facilitará la preparación final sirviendo como guía para evitar un lijado excesivo y para reducir el número de capas de pintura necesarias. Si su intención es pintar el casco, añada un Pigmento de Color WEST SYSTEM a la última capa de epoxi y úsela como capa indicadora.

8.5 Reparación de abolladuras y grietas

Después de una reparación o restauración, continúe cuidadosamente la inspección de la embarcación en busca de daños. Intente localizar grietas capilares en las juntas. Puede que encuentre algunas durante el primer año después de la reparación. Verifique si son el resultado de flexiones de la embarcación o si la entrada de humedad está causando dilataciones y agrietamiento. No es necesario reparar esas grietas inmediatamente. Cuando saque la embarcación del agua, lije o raspe las grietas ligeramente y deje que el área se seque. Repare el recubrimiento de epoxi y vuelva a pintar o barnizar la reparación con el producto anteriormente utilizado.

Retoque abolladuras o defectos en el barniz o pintura para mantener las barreras contra la humedad y los rayos UV en estado eficaz. Planifique la aplicación de una nueva capa de barniz cada dos o tres años, o cuando necesite efectuar reparaciones.

8.6 Ventilación para prolongar la vida de la embarcación

La ventilación es un factor clave en la longevidad de la embarcación. El mejor mantenimiento preventivo para preservar la estructura y tener más comodidad, es mantener el interior de la embarcación lo más seco posible.

Mantenga las sentinas lo más secas posible. Esto es una buena idea aun cuando las sentinas estén recubiertas con epoxi. Asegúrese de que hay un buen drenaje y de que no existen zonas escondidas en las sentinas donde el agua pueda estancarse.

Los imbornales deben ser grandes y destapados. En aras a la seguridad y para una vida más larga mantenga el combustible y el aceite fuera de las sentinas.

Un interior sin compartimentos mejora la ventilación. No permita el amontonamiento de basura. Asegúrese de que los materiales que absorben agua (hojas, ropa, etc.) no están en contacto con el casco o con el trabajo interior de carpintería.

Las aberturas estancas de la cubierta o de la cabina y los ventiladores eficaces con un buen drenaje (como las cajas "dorade" o mangueras) pueden contribuir a una mayor comodidad a bordo durante la navegación y mantener la embarcación más seca cuando esté en el muelle o amarrada.

Todos estos factores juegan a favor de una buena ventilación. Si necesita aclaraciones sobre las opciones, sugerimos consultar los libros listados en el Anexo.

Anexo

Lectura Adicional Recomendada

Bingham, Bruce. *EL LIBRO DE ESBOZOS DEL MARINO*, Camden, ME: Seven Seas 1983

Butler, Paul y Marya. *BUENOS ACABADOS DE YATES PARA EMBARCACIONES DE MADERA Y DE FIBRA DE VIDRIO*, Camden ME: International Marine Publishing Co. 1987.

Chapelle, Howard L. *CONTRUCCION DE EMBARCACIONES*, Nueva York: W.W. Norton & Co., 1969.

Duffett, John. *GUIA DE MANTENIMIENTO MODERNO PARA LOS PROPIETARIOS DE EMBARCACIONES*, Nueva York: W.W.Norton & Co. 1985

Editores de la Revista WoodenBoat. ~ *EMBARCACIONES DE MADERA: UN RECONOCIMIENTO DEL OFICIO*, Reading MA: Addison-Wesley Publishing Co., 1982.

LA CONSTRUCCION DE EMBARCACIONES POR LOS GOUGEON BROTHERS, Bay City, MI: Gougeon Brothers, Inc., 1985

McIntosh, David C. "Bud". *COMO CONSTRUIR UNA EMBARCACION DE MADERA*, Brooklin, ME: WoodenBoat Publications, Inc., 1987.

Monk, Edwin. ~ *CONSTRUCCION DE EMBARCACIONES MODERNAS*, Nueva York: Charles Scribner's Sons, 1973

Skoog, Jim. *DE CRUCERO CON COMODIDAD*, Camden: International Marine Publishing Co., 1980.

Spurr, Daniel. *EL LIBRO DE EMBARCACIONES DE SPURR: UNA PUESTA AL DIA DEL VELERO DE CRUCERO*, Camden ME: Seven Seas, 1990.

Steward, Robert M. *MANUAL DE CONSTRUCCION DE EMBARCACIONES*, Camden, ME: International Marine Publishing Co., 1980

Temple, Mark O. *EL MANUAL COMPLETO, PASO A PASO, DE REPARACION Y RESTAURACION DE EMBARCACIONES*, Blue Ridge Summit, PA: TAB Books Inc., 1981.

Publicado por

**Gougeon Brothers, Inc.
P.O.Box X908
Bay City, MI 48707 USA**

**Wessex Resins and Adhesives Limited, bajo
licencia de Gougeon Brothers, Inc., fabrica y
comercializa los productos de la marca WEST
SYSTEM en Europa y Escandinavia.**

Número de Catálogo 002-970