

CONSTRUCCIÓN NAVAL EN MADERA

Jesús GODÍN BOADO
Arquitecto naval por la Universidad Politécnica
Superior de La Coruña
Alumno de Máster de Ingeniería Naval y Oceánica

Antecedentes



ASTA mediados del siglo XIX la madera fue el único material empleado en la construcción de cascos y estructuras en los buques. Dadas las antiguas dificultades de ensamblaje, las dimensiones de los buques raras veces superaba los 60 metros de eslora y los mástiles se elaboraban a partir de un único tronco. Se utilizaban dos técnicas de construcción:

- Las maderas superpuestas a partir de una quilla sin cuadernas (técnica que usaron los vikingos).
- Las maderas unidas y calafateadas (1) sobre quilla y cuadernas.

Hasta el siglo XVII no empezaron las primeras construcciones en metal, mientras que los materiales plásticos y los compuestos de fibra de vidrio o carbono con resinas epoxi comenzaron a usarse en el siglo XX. Las técnicas de epoxidización de maderas, que las hace más duraderas y resistentes, han abierto un nuevo camino en la construcción de barcos en madera.

La madera como elemento de construcción

La madera está compuesta por una serie de tubos, fibras y células unidos firmemente entre sí y orientados en la dirección del eje del árbol; además,

(1) El calafateo es una técnica que consiste en introducir entre cada dos tablas estopa y brea, de manera que se evite la entrada de agua por las pequeñas separaciones que quedan entre ellas.

otros tejidos la afianzan en el sentido transversal. Hay árboles tropicales de más de 120 metros de altura que nos demuestran que la capacidad de resistir su propia estructura es comparable a la de las columnas de piedra.

La madera se dispone internamente en tubos formados por capas de microfibras de celulosa (que actúa como cemento) impregnada de lignina (ejerce como pegamento y como impermeabilizante) que se enrollan helicoidalmente y que quedan unidas por la hemicelulosa.

La resistencia de las microfibras de celulosa es comparable a la del acero, pero con una densidad seis veces inferior, mientras que la capacidad de pegado de la lignina es similar a la del cemento con menos de la mitad de densidad. Esto hace que la madera presente una resistencia a la tracción, compresión y flexión difíciles de igualar.

Es más ligera que el agua y muy resistente en relación con su peso específico. Con el tratamiento adecuado se puede conseguir que varíe su plasticidad o elasticidad sin modificar sus propiedades internas. Presenta además baja resistencia eléctrica y baja conductividad térmica. Sus desventajas son: no da buen aislamiento acústico y su resistencia al fuego es mala; por otro lado,

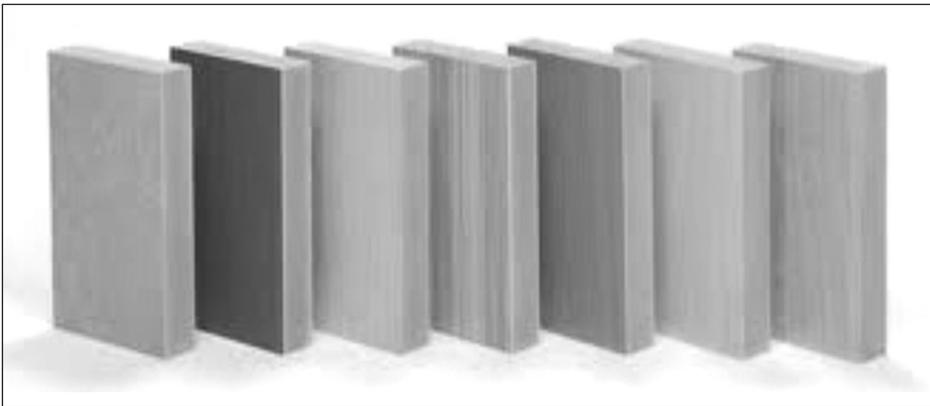
| VENTAJAS | INCONVENIENTES |
|---|---|
| Producción individual económica, puesto que los gálibos o plantillas pueden fabricarse fácilmente | Resistencia a la abrasión limitada |
| Es posible el montaje propio | Necesita protección contra el sol y contra los rayos UV |
| Casco extremadamente estable en su forma mediante las tiras de chapa coladas diagonalmente | Reducida resistencia a la colisión |
| Impermeable | Mantenimiento caro |
| Casco de poco peso | |
| Poca fatiga de material | |
| Buen aislamiento | |
| Construcción interior más fácil, puesto que hay posibilidades de sujeción en todas partes | |
| Puede repararse y es fácil de mantener | |
| Acabado de lujo | |

puede pudrirse, es vulnerable a ciertos crustáceos y gusanos y se dilata y se contrae al absorber la humedad y luego secarse, con lo que su movimiento es apreciable.

En la actualidad la madera se emplea casi exclusivamente en pequeños pesqueros y en yates de lujo. La carpintería de ribera es un tipo de construcción artesana que está actualmente en peligro de extinción ante la de fibra de vidrio. Pero, si bien la de madera exige mucha mano de obra y un mantenimiento laborioso, es inigualable en cuanto a la belleza de sus acabados y será difícil de desplazar del mercado de barcos de lujo.

Formas actuales de preparar la madera para la construcción

- Tableros: se obtienen a partir de pequeñas virutas o serrín, encoladas a presión en una proporción de 50 por 100 virutas y 50 por 100 cola. Se fabrican de diferentes tipos en función del tamaño de sus partículas, de su distribución por todo el tablero, así como por el adhesivo empleado para su fabricación. Por lo general se emplean las maderas blandas más que las duras por la facilidad de trabajar con ellas, ya que es más practicable su prensado.
- Contrachapados: se hacen girar los troncos descortezados y ablandados al vapor contra una larga cuchilla. La madera se va «pe-lando», formando una cinta continua que se corta. Las chapas se encolan unas encima de otras alternando el sentido de la veta (dirección de las fibras de la madera), lo que aumenta la resistencia del contrachapado. A continuación las chapas se comprimen y se calientan en potentes prensas hidráulicas, que las adhieren de forma permanente.





Los tableros de contrachapado quedan con un núcleo central de bloques paralelos de madera, cubierto por ambas caras con láminas de madera. Se utilizan profusamente en puertas, armarios y tabiques divisorios.

Entre las variedades del contrachapado se encuentra la madera laminada, en la que todas las láminas tienen la veta en la misma dirección, de forma que puedan doblarse; su flexibilidad depende de la madera utilizada. Se usa, por ejemplo, para construir las superficies curvas de las embarcaciones y ha permitido ampliar la gama de usos de la madera donde se resaltan sus cualidades estéticas, físico-mecánicas y de durabilidad.

Permite diseñar elementos de diversas formas y cubre grandes luces sin apoyos intermedios. Su conductividad térmica es muy inferior a la de otros materiales, otorgando excelentes condiciones aislantes. No reacciona con agentes oxidantes, generando gran resistencia en ambientes ácidos o alcalinos (propios del medio marino) y resiste sorprendentemente bien al fuego.

Por otro lado son más costosos, especialmente en vigas rectas, y los elementos de gran longitud y curvatura son muy difíciles de manipular, lo que incide en el coste final del elemento de madera laminada.

Maderas propias de la construcción naval

Dependiendo de sus propiedades mecánicas (flexión, compresión, tracción, cortadura, impermeabilidad, etc.) se pueden elegir distintos tipos de madera

según el empleo previsto (puentes, cuadernas, quillas, arboladuras, decoración, etc.). Principalmente se utilizan siete tipos de maderas, que pasaremos a describir someramente, aunque dentro de cada categoría puedan encontrarse diversas variedades, como en el caso del pino o el roble. En Galicia se emplea el eucalipto. Además se usan otras maderas tropicales menos conocidas pero de excelentes resultados, como la afrormosía, el utile o el iroko.

- Pino: se trata de un árbol de rápido crecimiento, lo que hace que sea una de las maderas más baratas; sin embargo, son pocas las variedades útiles para la construcción naval.
 - El pino «colorado» se usa en forros, cascos y cubiertas, cuadernas y baos. Su principal característica es la durabilidad en aguas frías.
 - El pino *clear* es una variedad baja del pino blanco o *spruce*, se usa principalmente para mástiles y botavaras de encolado hueco.
 - El pino «Sitka» es una variedad de *spruce* o abeto que, debido a su estabilidad y falta de nudos, es idóneo para la construcción de mástiles huecos.
- Roble: se trata de la madera más utilizada en Europa y América del Norte para la construcción naval. Tiene una buena durabilidad en agua de mar y es una de las más resistentes, aunque necesita de un periodo de secado particularmente largo para evitar la posible aparición de alabeos o grietas.
El peso específico oscila entre 720 y 890 kg/m³ (por esto no se suele utilizar para forros).
- Teka: presenta la particularidad de su buena resistencia al fuego, y su durabilidad en medios de agua salada es excelente, aunque no así en agua dulce. Reúne los mejores requisitos para la construcción naval.
- Cedro: es otra de las maderas más utilizadas en la construcción naval, especialmente en forros, debido a que sumergida soporta muy bien el ataque de microorganismos. Sin embargo, no admite ser utilizada para piezas muy curvadas, dobladas al vapor, pues se vuelve quebradiza y débil en cuanto a resistencia a la flexión.
Se trata de una madera moderadamente pesada, con un peso específico entre 500 a 820 kg/m³.
- Fresno: presenta al menos sesenta variedades, particulares de cada clima y región. Tiene un vetado llamativo de buen resultado estético. Presenta buena durabilidad en seco, pero aguanta mal si se moja y seca con frecuencia; por eso se suele utilizar barnizada y con fines decorativos. Posee una extraordinaria flexibilidad, lo que la hace ideal para embarcaciones ligeras. Su peso específico es de 650 kg/m³.

TEMAS PROFESIONALES

- Olmo: en la construcción naval las variedades más apreciadas son la de olmo «blanco» y la de «roca» o «negro», debido a su durabilidad bajo el agua, solamente superada por la teka. Su alto peso específico (890 kg/m^3) limita su uso.
- Abeto: es un árbol muy abundante y que presenta múltiples variedades. Si bien se emplea en algunos casos en la construcción de barcos, no presenta características especiales que lo hagan particularmente recomendable.

| | PESO ESPECÍFICO | EMPLEO | VENTAJAS | INCONVENIENTES |
|--------|---------------------------------|--|--|--|
| Pino | 590 kg/m^3 | Forros, cascos, cubiertas, cuadernas, baos, mástiles y botavaras de encolado hueco | Barato | Moderada resistencia a la pudrición |
| Roble | $720\text{-}890 \text{ kg/m}^3$ | Las más utilizada en Europa y Estados Unidos | Resistencia y durabilidad en agua de mar | No adecuado para forros (alto PE) |
| Teka | 660 kg/m^3 | Reúne los mejores requisitos | Durabilidad en agua de mar. Resistencia al fuego | Durabilidad en agua dulce. Cara |
| Cedro | $500\text{-}820 \text{ kg/m}^3$ | Forros. No apta para piezas muy curvas | Resistente a microorganismos y a la pudrición | Mala resistencia a la flexión. Quebradiza |
| Fresno | 650 kg/m^3 | Fines decorativos. Embarcaciones ligeras. Apropiado para laminar | Estética. Durabilidad en seco. Muy flexible | Durabilidad si se moja y seca con frecuencia |
| Olmo | 890 kg/m^3 | | Durabilidad en agua. Fácil de curvar | Alto PE |

Métodos de construcción en madera. Técnicas tradicionales

Forro a tope o carabela.—Esta técnica se caracteriza principalmente por el hecho de que las tracas no se pegarán a las cuadernas, sino que lo harán entre sí a tope, es decir, canto con canto para conseguir una superficie lisa. Las juntas se calafatean o impermeabilizan para hacerlas estancas y se cubren después con una capa de brea.

Forro a tingladillo.—Los tablonnes del casco se disponen de tal modo que los bordes de las tablas montan ligeramente los unos sobre los otros.

Doble forro.—Es una técnica que se basa en el forro a tope, pero aplicando una capa más, normalmente en una dirección diferente a la anterior para así dar resistencia a la embarcación en más sentidos.



Técnicas modernas

En la actualidad, los barcos de madera se fabrican de una forma



compuesta con epoxi, normalmente mediante gálibos con tiras de chapa, y atiesando finalmente el casco con palmejares y varengas, empleando en la zona de la quilla varengas de gran tamaño.

Para usos no estructurales, los tableros marinos de madera encolada, rechapados, laminados de alta presión o los paneles composite permiten abaratar costes y mejorar las prestaciones de la madera en reducción de pesos o aislamiento.



Forro de listones.—Esta técnica sigue los mismos pasos que la tradicional de forro a tope, pero en vez de tracas o tablas de una anchura considerable se emplean listones. Es el modo más clásico hoy en día de construir embarcaciones. Se fabrica un armazón y se forra todo el casco mediante tiras de madera que se van ajustando una a una. Es una técnica económica desde el punto de vista del material, pero cara en cuanto a horas de trabajo.

Forro en contrachapado.—El forro en contrachapado es una técnica usual en la construcción de pequeñas embarcaciones debido a su sencillez. Una razón común para el uso de este tipo de madera es su resistencia al agrietamiento, contracción, torsión, al tiempo, a los microorganismos, al agua, al vapor, a las altas humedades y al calor seco. Es un método económico, sencillo y ecológico. Además, puede ser cortado en pequeñas partes, puede reciclarse y no contiene sustancias dañinas, lo que le hace ecológico y es de larga duración.

Tingladillo de contrachapado (plywood).—Este proceso está íntimamente relacionado con la técnica tradicional del tingladillo. Su única variación es el tipo de madera y su naturaleza, pero los procesos constructivos son los mismos y las propiedades idénticas a la de aquel proceso, con las características que le ofrece la madera contrachapada.



Cosido y estratificado (stich and glue).—El argumento básico para la construcción «punto y pega» es que son necesarios menos pasos en la elaboración del forro. La construcción inicial es más rápida y más fácil, utiliza menos piezas y no requiere moldes de construcción. A largo plazo, el barco es mucho más

fácil de mantener. Es una técnica muy efectiva a la hora de construir pequeñas embarcaciones, como piraguas y todo tipo de pequeños veleros. Los paneles se recortan en su forma exacta en madera contrachapada y se «cosen» por sus bordes, temporalmente con pequeños hilos de alambre de cobre o grapas. Posteriormente, cuando tengamos toda la estructura del casco sujeta y firme con la forma definitiva, se aplica resina para su laminado. Tiene la ventaja de presentar un acabado muy ligero y rígido.



Strip-planking en proceso compuesto.—El *strip planking* es una forma de construcción de embarcaciones en madera que se puede considerar como una variación de la construcción a tope tradicional, pero en la que los bancos son mucho más estrechos y tienen sección cuadrada o prácticamente cuadrada.

Frecuentemente se emplean tiras de madera que se colocan sobre plantillas (gálibos) y recubiertas por dentro y por fuera de plástico reforzado con fibras de vidrio o tiras de chapa. Esta técnica permite:

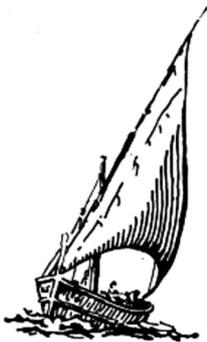
- Una producción individual económica, puesto que los gálibos pueden fabricarse fácilmente.
- Un casco extremadamente estable en su forma mediante construcción compuesta.
- Es fácil la colocación de un mayor número de palmejares y varengas.
- Se puede lograr un revestimiento exterior muy resistente gracias al recubrimiento de plástico reforzado con fibra de vidrio.
- Impermeabilidad.
- Casco de poco peso.
- Buen aislamiento.
- Reparable y fácil de mantener.

Presente y futuro de la carpintería de ribera

En España existen todavía más de 30 astilleros de carpinteros de ribera, principalmente en Galicia y País Vasco, aunque también los hay en Cataluña, Mallorca y Andalucía. El sector, basado en una construcción tradicional con mucha mano de obra y diseño a demanda del cliente, tiene dificultades para competir ante los nuevos productos de fabricación en serie y atraviesa una importante crisis, agravada por la pequeña dimensión de las empresas y del propio sector. Sin embargo, la inclusión de nuevos materiales y tratamientos

ha dado un impulso a la carpintería de ribera, que sigue teniendo su nicho de negocio en la pesca de bajura y un importante potencial de desarrollo en el de embarcaciones de época y náutica de recreo y de lujo.

Existe la necesidad de que estos astilleros desarrollen su competitividad y su visión empresarial con políticas de promoción, *marketing* e inversión en I + D + i, al tiempo que aprovechan su flexibilidad para diversificar su oferta.



BIBLIOGRAFÍA

Wikipedia (madera, *boat building*, etcétera).

Página *web* de la Asociación Galega de Carpintería de Ribeira (*agalcari.es*): jornadas de construcción naval en madera, varias presentaciones (Azahara Soilán Cañás, Iñigo Echenique, Raúl Lorenzo Rodríguez, ISOCEAN).

DE JUAN-GARCÍA AGUADO, José M.^a: *La carpintería de ribeira en Galicia*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de La Coruña, 2001.

Restauración y reparación de embarcaciones de madera, West System Brand, PINMAR S. A., *Yacht painting systems*.

Página *web* de Astilleros Lagos (Vigo), Astillero Barcos de Madera (Almería) y Astillero Promavisca Náutica (Mallorca).

Páginas *web* de *yatchpaint.com*, *elportaldelosbarcos.es*, *modelismonaval.com* y *cosasdebarcos.com*

CAMACHO ATALAYA, A.: *Carpintería de Ribera: la madera, las fibras vegetales, los barcos y la pesca*, Ingeniero Técnico Forestal en *infomadera.net*.

Proyecto de final de carrera *Proceso de diseño, cálculo y construcción de una embarcación menor*, de SÁNCHEZ MARTÍN, J. A.: Facultad de Náutica de Barcelona, 2010.