

INTRODUCCIÓN

Reseña histórica del diseño y la construcción naval

Los orígenes de actividades humanas asociadas con la navegación marítima de acuerdo con evidencias arqueológicas datan de por lo menos 60000 años atrás, cuando los seres humanos arriban a las actuales tierras de Oceanía probablemente por mar desde el sureste asiático durante un período de glaciación atravesando el estrecho de Lombok que vincula el mar de Java (Archipiélago Malayo) con el Océano Índico.



Fig. 1 - Canoa Pesse, actualmente en exhibición en el Museo Drents (Holanda)

Sin embargo, el primer testimonio real lo constituye la denominada *canoa Pesse*, llamada así por la ciudad holandesa de Pesse, sitio donde fue descubierta, habiéndose datado su construcción en los años 10000 AC. Está constituida por el ahuecamiento de un pino, sus dimensiones son 3.0 metros de eslora y 0.44 metros de manga. Se encuentra en exhibición en el Museo Drents en Holanda.

Más adelante en el tiempo, datada entre los años 8500 y 8000 AC fue encontrada la segunda embarcación más antigua, ubicada en la localidad de Dufuna, Nigeria, en un sitio arqueológico correspondiente a la localización de un antiguo lago. Sus dimensiones principales son 8.4 metros de eslora y 0.5 metros de manga.



Fig. 2 - Canoa Dufuna, exhibida en el Museo Damaturu, Nigeria.

En Egipto ha sido encontrado un buque de alrededor de más de 3000 años de antigüedad. Este casco, de un grupo de 14 encontrados en una tumba del Faraón Khasekhemwy en Abydos, fue construido con tablonces de madera “cocidos” entre sí mediante correas tejidas, con juntas de cañas o hierba que ayudaban a sellar las costuras.

Los egipcios también desarrollaron técnicas para ensamblar los tablonces de madera mediante el uso de clavijas para mantenerlos unidos, utilizando métodos de calafateado para sellar las juntas.

A los pies de la pirámide de Giza fue encontrado un buque de *43.6 metros* de eslora con estas características constructivas datado alrededor del *2500 AC*. Se estima que forma parte del enterramiento funerario del faraón Keops.



Fig. 3 - Embarcación enterrada a los pies de la pirámide de Giza, exhibida en el *Museo de la barca de Keops*, Egipto.

También es conocido de esa misma época el dique más antiguo, construido en Lothal, en la costa de la India cerca del puerto actual de la bahía de Mangrol. Se presume que dado el activo comercio marítimo entre la India y la Mesopotamia, muchas instalaciones como ésta debían estar establecidas y funcionando activamente, adjudicándose a sus trabajadores la construcción de la flota utilizada por Alejandro Magno.

Posteriormente en Egipto, alrededor del siglo *XVII AC*, se construyeron buques mayormente de carga con un desarrollo dimensional de *25.0 metros* de eslora, con un solo mástil y una vela cuadrada. Estos buques podían también ser propulsados mediante remos. Por su parte, los fenicios, griegos y romanos desarrollaron una actividad muy importante en el ámbito marítimo, extendiendo la idea de los buques con propulsión asistida por el viento, pero también mediante el uso de remos.

Dentro de este concepto los griegos desarrollaron primero los *pentecónteros*, buques de guerra para los cuales se estima contaban con esloras entre *28.0* y *33.0 metros* y *4.0 metros* de manga aproximadamente, con capacidad de desarrollar velocidades de hasta *9 nudos* utilizando su velamen cuadrado y la fuerza desarrollada por sus *50* remos, contando además con la presencia a bordo de un timonel y seguramente otros marinos. Este tipo de navío fue abandonado en favor de la birreme y luego de la trirreme, que se impuso a partir del siglo *VI AC*.



Fig. 4 - Maqueta de un trirreme

La invención del trirreme se atribuye a los corintios, en el siglo VII AC, pero la difusión de este tipo de nave, que reemplazaba a las pentecónteras, fue un proceso bastante lento, ya que se trataba no de naves especialmente difíciles o caras de construir, por comparación, sino porque requerían una inversión en recursos humanos, y por tanto financieros, que tardaron en estar disponibles.

Todos estos buques utilizados indistintamente para el comercio o la guerra contaban con formas en las proas diseñadas para infligir daños en otras embarcaciones. Los remeros o *trieres* estaban agrupados en cada sección transversal en grupos de tres trieres a cada banda, con los bancos dispuestos de forma escalonada, completando 30 secciones en el sentido longitudinal. Dominaron el escenario de guerra en el Mar Mediterráneo desde el siglo VII hasta el IV AC, jugando un papel vital en las guerras de Persia, la creación del imperio marítimo de Atenas y su caída en la guerra del Peloponeso.

En forma paralela fue introducido durante la dinastía Han el tipo de buque conocido como Junco (*junk*). El casco poseía una popa corta y carecía de quilla. Fueron los buques característicos del Mar de la China y tanto Gengis Kan como Kublai Kan los emplearon en sus intentos de conquistar el Japón. Se empleó tanto para la guerra como para el comercio. Se desarrolla por primera vez la pala de timón montada en la popa de la embarcación, sustituyendo la tradición greco – romana de la maniobra con remos.



Fig. 7 – Reconstrucción de un Junco Chino

Los informes y la evidencia arqueológica de la época sugieren que los juncos chinos antiguos más grandes eran botes largos y sin quilla, con entre cuatro y seis enormes velas, que alcanzaban la asombrosa longitud de 140.0 metros. Se cree que estuvieron en funcionamiento durante casi 2000 años, alcanzando su apogeo en términos de diseño durante el reinado de la dinastía Sung en el siglo X DC.

En el período comprendido entre el año 722 y el 481 AC durante el gobierno de la dinastía Zhou, se construyeron grandes barcas rectangulares conocidas como castillos (*castle ships*), esencialmente fortalezas flotantes dispuestas para la guerra.

En la naciente Europa, los pueblos germánicos que cerca del 400 DC se establecieron en las tierras que hoy identificamos como Islas Británicas, llegaron a ellas por mar a bordo de buques.

A pesar de la confianza de los anglosajones sobre el mar, poco se sabe sobre las estructuras y diseños de la mayoría de sus naves. La crónica ofrece cierta información estableciendo que por el año 900 DC fueron introducidas grandes naves que contaban con 60 remos.

Además de las referencias a las naves en la literatura inglesa y las pinturas de naves en el arte, muchos otros aspectos de su sociedad indican que jugaron un papel de gran importancia en sus vidas cotidianas. Incluso las áreas sin mar en el corazón de la isla parecen haber sido involucradas en la construcción naval a partir de las leyes de Henry I a partir de los inicios del siglo XII; claramente, la cultura anglosajona tenía una vocación indiscutible hacia lo marítimo.



Fig. 8 - Nave Vikinga

La Edad Media fue una época de grandes avances a nivel global. Los pueblos vikingos desarrollaron grandes naves utilizando una forma de construcción en tingladillo. Alrededor del siglo XII, las naves europeas norteñas comenzaron a ser construidas con un codaste recto, permitiendo el montaje de un timón, que era mucho más durable que un remo del manejo sostenido sobre el lado. El desarrollo artesanal favoreció las formas redondeadas de los cascos, con una amplia viga central o quilla y curvados en ambos extremos.

También fuera de la Europa medieval ocurrían grandes avances. En Oriente, la industria de la construcción naval llega a su apogeo durante la Dinastía Sung, la Dinastía Yuan y principios de la Dinastía Ming

Durante el período Sung (960 - 1279), el establecimiento de la primera Marina de Guerra oficial de China en 1132 AC y el aumento enorme en comercio marítimo al exterior permitieron que la industria de construcción naval en provincias como Fujian prosperara como nunca.

En el mundo islámico, la construcción naval en Basora y Alejandría trajo innovaciones revolucionarias, que se observan en el diseño de las embarcaciones características: el *dhow*, la *felucca* o falúa, el *baghlah* y el *sambuk*.

El *dhow* es una embarcación a vela de origen árabe caracterizada por su velamen triangular (velas triangulares o latinas) y bajo calado, siendo lo más común que cuenten con un único mástil. El aspecto más revolucionario fue su velamen triangular, el cual le permitía navegar sin remos independientemente de la dirección del viento, a diferencia de las embarcaciones con velas rectangulares existentes hasta entonces, que precisaban contar con viento en popa para prescindir de los remeros. Se utilizó principalmente como buque de carga, siendo ésta de tipos muy variados, desde grano y pescado hasta esclavos y minerales.



Fig. 9 - Dhow para transporte de pasajeros

A diferencia de las naciones occidentales de la época que competían constantemente por contar con buques más capaces, los pueblos musulmanes mantuvieron al *dhow* sin cambios sustantivos, tanto que hasta la fecha siguen manteniendo las mismas características que en los siglos *VII* y *VIII*, excepto que en la actualidad se les llega a dotar de un motor auxiliar.

Es muy probable que éste haya sido tomado como referencia para la construcción de las galeras venecianas

y de las carabelas, que, en años posteriores y en combinación con las técnicas navales ya existentes en Europa desde épocas romanas, fueron dando lugar a embarcaciones con velámenes mixtos (triangulares, rectangulares y trapezoidales) que, a la postre, darían a las naciones occidentales el dominio de los mares por las capacidades y prestaciones de sus embarcaciones.

La *faluca* o *falúa* es un barco de vela pequeño, por lo general, pueden llevar una docena de pasajeros, más un par de personas como tripulación, que puede tener una o dos velas casi triangulares (trapezoidales), y uno o dos mástiles ligeramente inclinados hacia la proa.

Su uso se generalizó en muchas regiones del Cercano Oriente y África del Norte; por su naturaleza son especialmente adecuadas para la navegación de cabotaje o ríos del interior y, de hecho, se han utilizado profusamente en el mar Rojo y el río Nilo.



Fig. 10 - Falúa en el Río Nilo

El *baghlah* es un tipo de *dhow* con dos o tres velas latinas. Fundamentalmente fueron utilizadas a lo largo de la costa de la Península Árabe, India y el norte de África, como buques mercantes en el Océano Índico y mares menores adyacentes.

Por último, el *Sambuk* también es otro tipo de *dhow* con mucho desarrollo en el mundo árabe; este tipo de embarcaciones desarrolladas en instalaciones en Alejandría y otros puertos árabes se convirtió en símbolo del comercio marítimo desde los puertos del África del Este hasta los de Asia Suroriental y la India durante el período de Abbasid.

El transporte fluvial experimentó pocos cambios en los dos últimos siglos de la Edad Media. Hubo avances en Europa en la navegación fluvial a través de los canales, allí donde éstos existían, con barcos capaces de transportar cargas próximas a las *100 toneladas*.

En el ámbito del transporte marítimo el progreso se basó en los desarrollos de la cartografía y los instrumentos de navegación, además de la consolidación de los grandes astilleros y las mejoras de puertos. La expresión de este progreso la ofrecen los propios navíos que iban a ser utilizados en el comercio. Los barcos diferían de unas regiones marítimas a otras, por ejemplo, en el Báltico, los navíos principales eran la *kogge* y la *urca*, mientras que en el sur europeo fueron las *nao* y las *carracas* las que lideraron ese proceso.

La *kogge* era un velero destinado principalmente al comercio, pero también fue utilizado con armamento para la guerra, con un mástil y una vela cuadrada.

La *urca* era un tipo de embarcación, similar a una fragata, de gran anchura en su centro, de unos *40.0 metros* de largo, que podía ser de carga para el transporte de mercancías con una capacidad máxima de carga entre *300 y 400 toneladas*, o de guerra, siendo utilizada hasta el siglo *XVIII*. Fue la primera embarcación en sustituir a los modelos dedicados al transporte de mercaderías de la Edad Media, teniendo similitudes con los barcos de los vikingos.



Fig. 11 - Réplica de la Nao Victoria, expedición de Magallanes, 1519

Por su parte, la *nao* tenía una capacidad que oscilaba entre las *100 y 500 toneladas*, muy utilizada en el ámbito de la Corona de Castilla. Las más pequeñas eran naves de exploración, y las mayores, de carga o de guerra. La relación eslora/manga era aproximadamente 3. Llevaban castillo de proa y de popa. Las más conocidas son la *Santa María* de Cristóbal Colón y la *Victoria*, de Hernando de Magallanes.

Luego sobrevino la *carraca*, navío redondo, de vela, con tres mástiles y con la posibilidad de instalar en él piezas de artillería. Derivaba de modelos del mundo nórdico, aunque fue utilizada preferentemente en el Mediterráneo, tanto por los genoveses como por los venecianos. Su capacidad de carga, comparada con los restantes barcos de la época,

era elevadísima, pues se hallaba cercana a las *600 toneladas*, aunque llegaron hasta *2.000*. Su configuración básica constaba de un casco con calado considerable, un mástil y una enorme vela rectangular, incorporándose adelantos significativos, el principal de ellos la incorporación de timón de popa como reemplazo de los timones de remo.

El casco, también con una relación eslora/manga aproximadamente igual a 3 al igual que las *nao*, estaba reforzado con cintones y bulárcamas exteriores de madera y tenía un castillo de proa que formaba parte de él integrándose perfectamente no sobresaliendo por los costados. La misma estructura era aplicada al alcázar de popa compuesto de dos o más puentes llamados alcazarillos, englobados en la estructura de la nave, donde se instalaron inicialmente los cañones.

Incorporaron por primera vez los tres palos. El trinquete y el mayor con velas cuadradas y el mesana una vela triangular. En las más evolucionadas se añadió un cuarto palo a popa llamado contramesana con velas latinas. A medida que transcurrieron los años el velamen se complicó añadiendo nuevas velas cuadradas a los dos primeros palos. Esta estructura vélica dificultaba la navegación con viento de proa, pero facilitaba la de viento de través y de popa.

Las principales desventajas eran su pobre maniobrabilidad y su lentitud, un calado significativo que sólo admitía operaciones de carga y descarga en puertos de altura, y un elevado costo de construcción. Sin embargo, a los largo del tiempo fueron realizándose mejoras y transformaciones hasta convertirse en un nuevo tipo de embarcación, conocido como *galeón*, del que se dieron distintas variantes, como el español y el inglés.

Las *carabelas* eran inicialmente barcos de pesca y cabotaje, habiendo sido diseñadas por los portugueses en la Escuela de Navegación de Sagres fundada por Enrique el Navegante a principios del siglo XV. Gracias a las innovaciones introducidas por éstos, terminaron por alcanzar un protagonismo indiscutible en los grandes descubrimientos de España y Portugal. *La Niña* y *La Pinta*, de la expedición de Cristóbal Colón, son dos ejemplos de este tipo de naves.



expedición de Colón, 1492

Eran embarcaciones a vela, ligeras, altas y largas, hasta *30.0 metros* de eslora, estrecha, de aparejo redondo o latino y contaban con tres mástiles, sobre una sola cubierta y elevado castillo de popa; navegaban a unos *5 nudos*, características que les permitió afrontar con éxito los viajes a través del océano.

Con el inicio de la revolución industrial hacia la segunda mitad del siglo *XVIII* y principios del *XIX*, Inglaterra en primer lugar, y el resto de Europa continental después, sufren el mayor conjunto de transformaciones socioeconómicas, tecnológicas y culturales de la Historia de la humanidad. La economía basada en el trabajo artesanal fue reemplazada por una economía basada en el desarrollo industrial y la manufactura. Esta transformación comenzó con la mecanización de las industrias textiles y el desarrollo de los procesos y transformación del mineral de hierro. La expansión del comercio fue favorecida por la mejora de las rutas de transportes y posteriormente por el nacimiento del ferrocarril. Entre las innovaciones tecnológicas más importantes está la máquina de vapor, además de la construcción de naves para el comercio internacional, más robustas y cada vez de mayor porte, absolutamente necesarias para movilizar el creciente comercio basado en excedentes de producción.

El buque *Great Britain* construido en *1843* completamente en hierro fue el primer cambio radical en el diseño de buques con la introducción de refuerzos estructurales, doble casco remachado de *19 mm* de espesor y mamparos para establecer compartimientos estancos; junto a éstos, una serie de mamparos transversales y longitudinales dividían el buque en *19* compartimientos. Fue el primer buque en adoptar la tecnología del doble casco, la cual no volvió a utilizarse hasta *100* años después en la construcción de buques cisterna por razones de seguridad.

Finalizada la Revolución Industrial como etapa transformadora hacia finales de la segunda década del siglo *XX*, la industria naval tiene un importante crecimiento como industria estratégica, basada en la gran cantidad de operarios calificados que ocupa y la necesidad de las naciones de construir y reparar las naves que soportan y ayudan a desarrollar su capacidad comercial y militar. La construcción naval aparece como una opción atractiva para el desarrollo de naciones emergentes, como fue el caso de Japón a partir de *1950* y Corea a partir de *1970*.

Entre las naciones que emergieron con mayor fuerza en esta industria, puede destacarse a China, la que a finales de ese siglo ya captaba una parte importante del total de toneladas construidas a nivel mundial, habiendo alcanzado el primer lugar en las primeras décadas del siglo *XXI*. En la construcción con fines militares, el mercado es dominado ampliamente por los astilleros de los Estados Unidos y de Europa.

Los buques modernos, desde la década de *1940* han sido exclusivamente construidos en acero utilizando soldadura; los primeros aceros soldables tenían ciertos problemas, en especial en relación con la fractura del material soldado, lo que llevó a resultados catastróficos en algún caso, como el de las fragatas tipo "*Liberty*". A partir de estas experiencias se han desarrollado aceros especiales para la industria naval.

Las técnicas de construcción modernas utilizan normalmente la prefabricación de bloques, los cuales luego son ensamblados para obtener el buque completo,

incluyendo casco y superestructuras. Es el método adoptado también por la industria nacional actualmente, introducido a partir de la nueva situación de revitalización de este sector para comienzos de la primera década del siglo XXI. Fue utilizado con éxito en la construcción de barcasas para el transporte de celulosa primero, luego extendido a la construcción de otro tipo de buques.