

*JOSÉ MANUEL SANJURJO JUL*

*La artillería naval en el siglo XVIII  
y en la Batalla de Trafalgar*

24 DE JUNIO DE 2004

## **JOSÉ MANUEL SANJURJO JUL**

RECIBE EL DESPACHO EN LA ENM EL DÍA DEL CARMEN DE 1970. EL DÍA DE SANTIAGO CONTRAE MATRIMONIO CON MARIA JESÚS COUSELO, CON LA QUE CONTINÚA FELIZMENTE CASADO.

PRESTA SERVICIO EN DIVERSOS BUQUES DE LA FLOTA, QUE YA SON HISTORIA: LEGAZPI, DÉDALO, GRAVINA Y BLAS DE LEZO CON UN PARÉNTESIS PARA REALIZAR LA ESPECIALIDAD EN LA ETEA.

EN 1982 INGRESA EN EL CUERPO DE INGENIEROS, DESPUÉS DE HABER OBTENIDO EL TÍTULO DE INGENIERO DE ARMAS NAVALES CON LA APTITUD DE MISILES EN LA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE ARMAS NAVALES, EN LA QUE POSTERIORMENTE TAMBIÉN OBTIENE EL TÍTULO DE DOCTOR. ES DURANTE LOS ESTUDIOS EN LA ETSIAN CUANDO REALIZA PRÁCTICAS EN UNA IMPORTANTE INDUSTRIA DE DEFENSA EN ROMA. ACTUALMENTE CONTINÚA IMPARTIENDO CLASES EN EL CICLO DE DOCTORADO DE DICHA ESCUELA.

EN ESTE MISMO AÑO ES DESTINADO AL PROGRAMA DE FRAGATAS FFG Y DEL PA «PRÍNCIPE DE ASTURIAS» EN LA INSPECCIÓN DE CONSTRUCCIONES DEL ARSENAL DE FERROL. DURANTE ESTE DESTINO REALIZA DIVERSOS CURSOS EN LOS EEUU Y VISITA DISTINTOS ASTILLEROS E INDUSTRIAS AMERICANAS EN LAS QUE PASA PERIODOS DE PRÁCTICAS.

EN 1987 SE INTEGRA, COMO DIRECTOR DEL DISEÑO DE MISILES, EN UNA OFICINA DE PROGRAMA MULTINACIONAL DE COOPERACIÓN, SITA EN WASHINGTON. DURANTE ESTE PERIODO ASISTE A LA DEFENSE SYSTEM MANAGEMENT COLLEGE EN VIRGINIA.

DESDE WASHINGTON PASA A PARÍS COMO DIRECTOR DEL PROGRAMA DE COOPERACIÓN CON FRANCIA E ITALIA SOBRE SISTEMAS ANTIAÉREOS FUTUROS.

EN 1992 SE INCORPORA A LA SECCIÓN DE MISILES DE LA JEFATURA DE APOYO LOGÍSTICO, EN DONDE PERMANECE HASTA QUE EN 1995 SE UNE A LA OFICINA DEL PROGRAMA F-100. DESDE EL AÑO 2001 ES JEFE DEL PROGRAMA F-100. DURANTE ESTE DESTINO COOPERA CON LA MARINA NORUEGA EN EL ESTABLECIMIENTO DEL PROGRAMA DE FRAGATAS NORUEGAS.

EN FEBRERO DEL 2004 ASCIENDE A CONTRALMIRANTE Y SE HACE CARGO DE LA SUBDIRECCIÓN DE MANTENIMIENTO DE LA JAL.

ESTÁ EN POSESIÓN DE CUATRO CRUCES DEL MÉRITO NAVAL, DE LA PLACA, ENCOMIENDA Y CRUZ DE LA REAL Y MILITAR ORDEN DE SAN HERMENEGILDO Y DE LA NAVY COMMENDATION MEDAL DE LA MARINA DE LOS EEUU.

LUCENSE DE «MURALLAS ADENTRO» DE NACIMIENTO, PONTEVEDRÉS DE ADOPCIÓN, SIENTE PASIÓN POR LA PESCA Y POR TODO LO RELACIONADO CON LA MAR. COLECCIONISTA COMPULSIVO DE LIBROS —ESPECIALMENTE DE TEMAS MARÍTIMOS— SE ENORGULLECE DE CONOCER LOS MUSEOS NAVALES Y LAS COLECCIONES DE PINTURA MARÍTIMA MÁS IMPORTANTES DEL MUNDO. ENMARCADA EN ESTA AFICIÓN HAY QUE PONER SU COLECCIÓN DE FOTOGRAFÍAS REALIZADAS POR ÉL MISMO DE MASCARONES DE PROA DE TODO EL MUNDO.

ESTUDIOSO DEL TEMA Y ADMIRADOR DE LA MARINA DE LA ILUSTRACIÓN, HA ESCRITO ENSAYOS E IMPARTIDO CONFERENCIAS SOBRE LA TECNOLOGÍA NAVAL DEL SIGLO XVIII Y ESPECIALMENTE SOBRE LA ARTILLERÍA NAVAL EN ESTA ÉPOCA.



El objeto del presente ensayo no es otro que el de ofrecer al lector no experto en artillería naval un panorama global de su evolución tecnológica, de la influencia que durante el siglo XVIII ésta ejerce en la táctica naval, de su influencia en la concepción, diseño y construcción del buque de línea y, finalmente, del papel que ha tenido en los resultados finales de las grandes batallas navales de la guerras napoleónicas.

En ningún momento ha sido mi intención realizar una descripción exhaustiva de las piezas y de sus métodos constructivos, temas que probablemente serían de escaso interés e incluso soporíferos para el no especialista, sino más bien dejar al lector en disposición de apreciar la importancia de los «cañones y las velas», no únicamente en el resultado de episodios como el de Trafalgar, sino en el papel que las marinas han jugado en la consolidación de los Estados durante el siglo XVIII y en el nacimiento de la Europa industrial que surge después de Waterloo. No hay que olvidar que las marinas del XVIII son las mayores organizaciones industriales, y la artillería naval el consumidor más importante de productos siderúrgicos y, por lo tanto, motor impulsor del desarrollo industrial.

#### EL ESCENARIO

Desde el punto de vista político y social, el siglo XVIII presenta ciertas tendencias distintivas; primero un crecimiento demográfico, segundo un aumento progresivo de la influencia de la burguesía sobre el campesinado, los obreros y la nobleza, y por último el aumento sin precedentes del comercio mundial –en particular el de ultramar– que impulsan transformaciones profundas en la sociedad.

El siglo termina con dos grandes revoluciones que cambiarán la faz del mundo, la revolución americana y la revolución francesa, que termina en el torbellino de las guerras napoleónicas.

Desde un punto de vista científico-tecnológico, es el siglo de la aplicación de la ciencia a la tecnología, en el que surgen Francia y Gran Bretaña como potencias del conocimiento, y esta última como una potencia industrial mediante el proceso que conocemos como Revolución industrial. Ésta revolución, como veremos posteriormente, tendrá efectos directos en la producción y calidad de la artillería de hierro.

Desde el punto de vista naval, durante el siglo XVIII se desarrolla una contienda global por el dominio del mar, de la que surge Gran Bretaña como potencia naval incontestable. El signo del poder naval durante este siglo es el buque de línea encuadrado en grandes flotas. (*Ver Figura 1*).

Las armadas europeas, durante el siglo XVIII, son el instrumento más importante de que disponen los Estados para ejercer el poder político y militar, para proyectar su influencia y para controlar el tráfico marítimo o, lo que es lo mismo, para controlar el comercio.



Figura 1. Navío español de tres puentes.

Las marinas del siglo XVIII han dejado de ser marinas costeras y de verano, para convertirse en un medio de proyección del poder militar, capaces de alcanzar cualquier mar del globo, permanecer en activo por largos periodos de tiempo, controlar el espacio marítimo y proyectar sobre tierra el poder naval. ¿Podríamos hoy en día hacerlo mejor?

Esta evolución no hubiese sido posible sin el soporte del desarrollo económico e industrial que experimentan los Estados europeos durante este periodo de tiempo.

La expansión del comercio marítimo y la globalización de la actividad naval estimuló toda clase de desarrollos científicos y técnicos; una verdadera competición tecnológica se desata en Europa, en la que participan no solamente las mentes más brillantes de la «ciencia oficial» sino también artesanos ingeniosos que crean soluciones técnicas, muchas veces sorprendentes, en temas tan variados como la medida de la longitud (el cronómetro de Harrison), la solución de problemas tradicionales de la arquitectura naval mediante el cálculo diferencial, etc.

### CAÑONES Y VELAS

La artillería aparece en el campo de batalla a bordo de los buques en la primera mitad del siglo XIV. Es mayor la curiosidad que producen estos primeros artefactos que el efecto real que tienen en el combate, pero la incorporación progresiva al campo de batalla produciría la gran revolución militar del Renacimiento<sup>1</sup>.

En el combate terrestre la artillería se utiliza sobre todo en la guerra de sitios, ya que inicialmente carece de la movilidad que permita su empleo táctico en campaña. El empleo en sitios hace que todo el sistema defensivo de la Edad Media, basado en altas murallas que evitan el asalto de la fuerza sitiadora, quede obsoleto, ya que la artillería, convenientemente emplazada, podía abrir brechas en las murallas con relativa facilidad. La reacción a esta asimetría a favor del sitiador se produce con la aparición de la fortificación que en Italia se conoce como «*alia moderne*» y en el resto de Europa «*trace italienne*», que a su vez produce efectos radicales en la composición de los ejércitos europeos y en las tácticas<sup>2</sup>.

El efecto de la artillería en la guerra marítima no ha sido menos revolucionario que el que produjo en la terrestre. Los primeros cañones que se instalan a bordo de los buques de vela son considerados armas auxiliares de ataque a tierra, que se embarcan de fortuna como mejor se puede en cubierta. Como resulta evidente, la estabilidad de la nave y su fortaleza estructural suponían una limitación infranqueable a la hora de determinar el peso y el calibre de la artillería que se podía embarcar.

En algún momento en la transición del siglo XV al XVI se inventa la porta giratoria<sup>3</sup>, la cual permite instalar piezas de mayor calibre en las cubiertas inferiores, resolviendo el problema de la estabilidad. Ahora ya se pueden montar un número considerable de cañones en las bandas; los buques se transforman en plataformas

<sup>1</sup> Parker, Geoffrey: *Cambridge Illustrated History of Warfare*. Cambridge University Press.

<sup>2</sup> Archer, Jones. *The Art of War in the Western World*, Oxford University Press.

<sup>3</sup> La invención de la porta se atribuye a diferentes fuentes. Según R.C. Anderson fue un francés el inventor sobre el 1500.

artilleras y alcanza más importancia el duelo artillero en detrimento de las tácticas de abordaje, quedando dibujado el diseño conceptual de lo que será el buque de línea.

Aunque el tema de este ensayo se enfoque en el siglo XVIII, no se puede tener un panorama coherente si no se considera el periodo que va desde aproximadamente el comienzo de las guerras anglo-holandesas hasta mediados del siglo XIX. Durante este periodo (1650-1850), la tecnología de la artillería naval, el tipo de buques y la táctica siguen un proceso evolutivo lento y constante, de tal manera que, si trasladásemos la dotación del «Sovereign of the Seas» –el magistral diseño en el que Phineas Pett establece las líneas maestras del buque de línea de los siguientes dos siglos–, al «Victory», podrían operarlo sin mayor problema.

A estos doscientos años de lenta evolución seguirán tiempos de grandes cambios en la artillería<sup>4</sup>, que causarán que se cierre el fabuloso capítulo del buque de línea de madera<sup>5</sup>.

#### EL SISTEMA DE INTERRELACIONES

Como ya se expuso en la introducción, la intención de este ensayo no es seguir una metodología descriptiva de la artillería de la época que nos ocupa, descripción que, por otra parte, sería tremendamente tediosa para el que no sea un especialista en la materia, sino la de seguir una metodología sistémica que proporcione al lector un panorama global que incluya los factores que intervinieron en la concepción y evolución de las armas y las distintas interrelaciones entre los mismos. La metodología sistémica que se seguirá es similar a la que podría utilizarse actualmente para analizar la implantación de un sistema de armas.

De acuerdo con un análisis sistémico, los elementos que forman el sistema «guerra naval» durante el siglo XVIII son básicamente la tecnología disponible, las armas navales, el diseño del buque y la táctica. (*Ver figura 2*).

Al abordar este análisis, hay que tener presente que, ayer como hoy, el requisito fundamental era conseguir integrar a bordo la máxima potencia de fuego. El desarrollo de la tecnología, la fabricación de las armas, la construcción del buque y la definición de las tácticas se realizaban bajo la perspectiva de desarrollar en la mar una capacidad de fuego superior al contrario.

<sup>4</sup> El ensayo «*La nouvelle force maritime de la France*» publicado en 1822 es todo un manifiesto de los cambios que se producirán en la artillería naval y la concepción de las futuras unidades.

<sup>5</sup> Si tuviese que elegir un cuadro náutico para expresar este cambio, sin duda alguna me inclinaría por el famoso óleo de Turner que muestra al «*Temeraire*» –el gran veterano de Trafalgar– como una figura fantasmagórica, remolcado por un pequeño buque de vapor, conduciéndolo hacia el desguace. Toda una alegoría de un mundo que emerge con fuerza y otro que languidece.

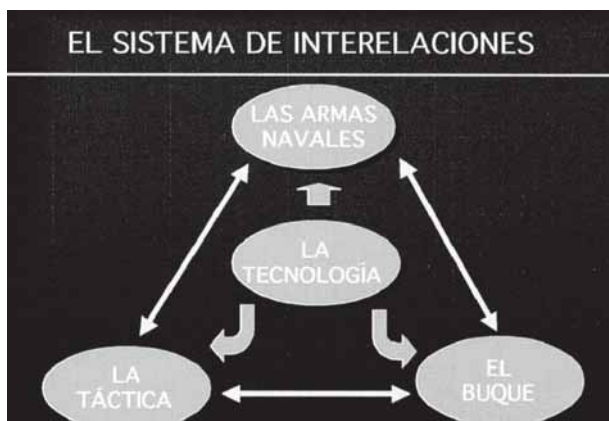


Figura 2. El sistema de interrelaciones.

Veremos cómo consideraciones económicas y tácticas determinaron que la tecnología del hierro fuese finalmente la utilizada para la fabricación de artillería naval, cómo durante este siglo el buque de línea se consolida como una eficaz plataforma de artillería y cómo la línea de fila se consolida como la formación táctica por excelencia.

#### LA TECNOLOGÍA

Las tecnologías de que disponían los ingenieros militares y fabricantes de artillería del siglo XVIII eran básicamente la fundición de bronce y la fundición de hierro<sup>6</sup>.

Hasta bien entrado el siglo XVIII, el cañón de bronce fue considerado el arma naval por antonomasia; eran piezas fiables que no se corroían, que podían reciclarse al término de su vida útil por simple fundición, y además permitían la profusa ornamentación de las piezas, tan del gusto de la época. Cada cañón era una «escultura» única con nombre propio y que firmaba con orgullo su artífice —era la artillería de los ricos—. Su gran inconveniente era el elevado coste, un factor que limitaba el incremento de la potencia de fuego a bordo. En contraposición, el cañón de hierro fundido gozaba de mala prensa entre los artilleros navales, era considerado una alternativa barata a su hermano rico de bronce.

<sup>6</sup> Los intentos de fabricar artillería mediante forja no pasan de divertimentos mecánicos o de experiencias que no cuajaron. En el Museo del Ejército hay un magnífico y sorprendente ejemplo de cañón realizado por el maquinista de Carlos IV, Diéguez de Ulloa, el cual debió de sentirse dolido del trato recibido, ya que se marchó a Constantinopla, donde fue nombrado «Director General de Artillería». En el mismo Museo existen también unos magníficos cañones fabricados con este método por Mancio Dándola de Hernani.

La fundición de bronce, que se había ido depurando empíricamente en Europa durante siglos<sup>7</sup>, alcanza un alto nivel técnico en el Renacimiento, fomentado por un creciente mercado de campanas, estatuas, objetos de culto, etc. y, en gran medida, por la creciente utilización de la artillería, que generaba una gran y creciente demanda.

Resulta evidente que los artesanos capaces de fundir las campanas de la Catedral de Santiago, las columnas salomónicas del baldaquín de San Pedro de Roma o la estatua del Condottiero Gattamelata, disponían también, en principio, de los suficientes conocimientos para la fundición de cañones de bronce, si bien conviene aclarar que la fundición de un cañón presentaba problemas técnicos únicos diferentes a una estatua o una campana.

Un buen ejemplo de esta tecnología de «doble uso», la tenemos en Sevilla<sup>8</sup>, en donde un tal Juan Morel, que sobre el 1550 recibe encargos para la fabricación de campanas para distintas iglesias de la ciudad, simultáneamente funde también artillería en su taller familiar.

Para el lector no especialista en el tema conviene clarificar que la tecnología del bronce es mucho más asequible que la del hierro por dos razones básicas: primero, la temperatura de fusión del bronce es inferior a la de la fundición de hierro, y segundo, la ligazón del cobre con el estaño en la zona del diagrama de equilibrio cobre-estaño correspondiente a las proporciones del bronce de cañón es mucho más predecible que la correspondiente al hierro-carbono; por eso no resulta extraño que la tecnología de la fundición de bronce históricamente madure antes que la de hierro.

En los hornos utilizados para la fundición de bronce el combustible únicamente proporciona la fuente de energía para lograr la fundición y mezcla de los dos elementos esenciales, al contrario del caso del alto horno de hierro, en el que el combustible no sólo proporciona energía, sino que participa en los procesos químicos de la reducción del mineral de hierro. Esta peculiaridad hace que el vaso de fundición no tenga que estar en contacto con el combustible y que, por lo tanto, si los dos minerales son previamente afinados, no exista otra fuente de contaminación, y las características de la misma sean mucho más predecibles.

Durante el siglo XVIII se hace un gran esfuerzo en España para actualizar la base industrial de fabricación de artillería de bronce, estableciendo dos grandes centros de fundición de artillería, Sevilla y Barcelona.

Los moldes utilizados para la fundición de cañones de bronce eran prácticamente los mismos que los que se utilizaban en la primera mitad del siglo XVIII para la fundición de los cañones de hierro.

<sup>7</sup> Los romanos ya dominaban la técnica de la cera perdida.

<sup>8</sup> El taller de fundición de la familia Morell, que con el tiempo habría de convertirse en la Real Fundición de Sevilla, funde cañones, campanas y nada menos que «el Giraldillo».



La artillería de bronce, durante los siglos anteriores al XVIII, tiene un importante valor estratégico para España. Ya en la carrera de Indias se utilizaban casi exclusivamente cañones de bronce. De hecho, la artillería de hierro gozaba de muy mala prensa entre los artilleros navales; el dicho «artillería de hierro, espanta a los de afuera y mata a los de adentro» era muy indicativo del estado de opinión.

A comienzos del siglo XVII el precio del cobre experimenta un constante incremento en comparación con el del hierro. El precio de la unidad de peso de artillería de bronce fundido llega a ser diez veces superior a la de hierro; la artillería de bronce se hace prohibitiva para las marinas. Esta situación se agrava durante el siglo XVIII, ya que la competencia naval entre las potencias establece una tendencia a aumentar el número de cañones a bordo de los buques y a aumentar el calibre de los mismos. Nuestra flota, por ejemplo, a finales del XVIII tenía embarcados unos 6500 cañones en buques de línea.

La artillería de hierro surge como la única alternativa económicamente viable para disponer a bordo de la potencia de fuego requerida, y durante todo el siglo XVII se produce el proceso de reemplazo paulatino de la artillería de bronce por la de hierro. El proceso se acelera al final de siglo, pero no únicamente por la razón económica anteriormente citada; los combates navales exigen una creciente cadencia de tiro que el cañón de bronce no puede proporcionar.

A comienzos del siglo XVIII, prácticamente toda la artillería a bordo de los buques de línea de las tres grandes potencias navales es de hierro colado, reservándose la artillería de bronce para el ejército —la proporción de número de cañones en el ejército es mucho menor—. Aunque la afirmación pueda aparecer exagerada, el poder naval en el siglo XVIII depende de la capacidad de fundir suficiente número de cañones de hierro, es decir, de la capacidad tecnológica siderúrgica y, en última instancia, del número y capacidad de los altos hornos. ¿Cuál era la capacidad de fundir artillería de hierro de cada una de las tres potencias enfrentadas por el dominio del mar?

El escenario tecnológico de la Europa del siglo XVIII, y en particular en las tres grandes potencias navales: Inglaterra, Francia y España, no puede considerarse ni geográfica ni temporalmente homogéneo. Las áreas tecnológicas que tienen una influencia directa sobre la fabricación de la artillería, a saber, la minería y la fundición, y de máquinas herramientas presentan diferentes grados de desarrollo en los tres países.

#### EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LA ARTILLERÍA DE HIERRO

El proceso de fabricación de la artillería de hierro —que era básicamente similar a la de bronce— era complejo, largo, caro, y su producto final, el cañón listo para el servicio, dependía en gran medida de la maestría empírica de los artesanos que participaban en el mismo. (*Ver figura 3*).



Figura 3. El proceso de producción de la artillería de hierro.

Los subprocesos de la fabricación eran, básicamente, la preparación de los moldes, la fundición, el barrenado y las pruebas de recepción, que consumían un tiempo importante de todo el proceso. Como se verá a continuación, la tecnología del proceso fue evolucionando a lo largo del periodo que nos ocupa, siempre persiguiendo los objetivos de:

- Seguridad operativa en el manejo de los cañones. El reventón de un cañón causaba efectos muy negativos sobre la dotación.
- Reducción de coste unitario de producción.
- Disminución del peso.
- Aumento de la cadencia de tiro.

#### LA FUNDICIÓN

Comencemos por el alto horno, que está en el centro del proceso siderúrgico para la fabricación de artillería. El alto horno es básicamente un vaso reductor en el que al mineral de hierro en forma de óxido –principalmente hematita– se le reduce el oxígeno mediante carbón, que actúa doblemente: como elemento reductor y como fuente energética para la fundición del hierro. Para mantener la temperatura de fundición en el alto horno se requieren, por una parte, grandes cantidades de carbón, y por otra, una fuente de energía adicional para la inyección del flujo de aire que mantenga la combustión. Este proceso, aún manteniéndose en sus fundamentos el mismo, experimentó

avances importantes a lo largo del siglo que nos ocupa; avances que marcaron las diferencias tecnológicas en la fabricación de la artillería de hierro colado entre Inglaterra, Francia y España. (Ver figura 4).



Figura 4. Esquema del proceso preindustrial y del industrial.

Como se desprende del esquema, en los hornos anteriores a la revolución industrial, el carbón que se utilizaba era el vegetal, y la energía auxiliar para el suministro de aire, la hidráulica. El alto horno preindustrial alimentado con carbón vegetal tenía importantes limitaciones tecnológicas y un sombrío horizonte de viabilidad industrial:

- El carbón vegetal limita la altura del horno, ya que la presión de la carga se fragmenta de tal manera que no lo hace útil para el proceso. La limitación en altura conlleva la limitación de hierro fundido por colada y, consecuentemente, en el límite a la hora de fundir los cañones de mayor calibre.
- El precio del carbón vegetal aumentó constantemente a lo largo del siglo, debido a la creciente demanda de la madera de los bosques y a la paulatina deforestación que se originaba invariablemente en las áreas circundantes a los establecimientos de altos hornos. Hay que tener en cuenta que la madera era el único combustible y el único material estructural del que se disponía; los astilleros, los diferentes artesanos, los campesinos, la construcción y las obras públicas competían por este recurso

Este esquema preindustrial podía teóricamente fabricar artillería de calidad, pero, a medida que aumentó la demanda de cañones a bordo, se mostró incapaz de mantener la producción y competir a un precio razonable.

Como ya se indicó, el carbón vegetal en España y en Francia aumentó constantemente de precio durante este siglo, ya que competían por los mismos bosques la construcción de la flota, la de las obras públicas, la construcción en general, el transporte, etc. Hay que tener presente que el único material estructural disponible era la madera (en España por ejemplo, la escasez de carbón obliga a clausurar en 1795 los hornos de Liérganes).

Por otra parte, la energía hidráulica, utilizada para accionar los fuelles que suministraban el aire a los hornos, era en buena medida estacional, y adicionalmente imponía un límite práctico a la cantidad de aire que podía suministrar, limitando por tanto el tamaño del horno y, consecuentemente, el calibre de los cañones que se podían fundir.

Inglaterra, desde el comienzo de siglo, apuesta por el carbón mineral como combustible y elemento reductor en los hornos, y hacia mitad de siglo las máquinas de vapor sustituyen a la energía hidráulica. Los hornos aumentan de tamaño y pueden fundir cualquier calibre con suficiente homogeneidad. Inglaterra, a partir de la mitad de siglo, dispone de una estructura industrial que le permite producir artillería en la cantidad y calidad que necesita su flota. A su vez, la introducción de la máquina de vapor en el proceso productivo puso en marcha un proceso realimentado de mejoras; las máquinas de vapor requerían precisión en el torneado de los pistones, del que acabaría beneficiándose el torneado de las ánimas de los cañones que, a su vez, requerirían en su producción máquinas de vapor mas potentes.

En España, la base industrial para la producción de artillería de hierro colado se circunscribía a los complejos de Liérganes y la Cavada en el curso del río Miera. No deja de sorprender que el poder naval español durante doscientos años dependiese exclusivamente de las vicisitudes de estos dos complejos, máxime cuando existía una capacidad importante de construcción de buques de línea. Como consecuencia de esta asimetría, siempre existió un problema para armar a las nuevas unidades en los periodos de máxima producción naval.

Esta empresa pasó por numerosas vicisitudes a lo largo del siglo: comenzó siendo una concesión privada, Carlos III la convierte en empresa pública bajo la dirección técnica del Ejército y en 1782 el complejo pasa al control de la Armada<sup>9</sup>.

La última fase de la empresa bajo la dirección de la Armada fue un esfuerzo titánico, esfuerzo ya comenzado por el Ejército, por actualizar el proceso productivo y ponerlo al nivel de Inglaterra. Oficiales como Casado de Torres intentan poner en marcha un sistema de fundición basado en carbón mineral, pero las condiciones que

<sup>9</sup> Al lector interesado en la historia de esta empresa le recomiendo el trabajo de José Alcalá-Zamora y Queipo de Llano «Historia de una empresa siderúrgica española: Los altos hornos de Liérganes y la Cavada 1622-1834».

atraviesa España no hacen posible que fructifique la empresa y se pierde una oportunidad única para que la industria siderúrgica española alcanzase el nivel de los demás países industrializados.

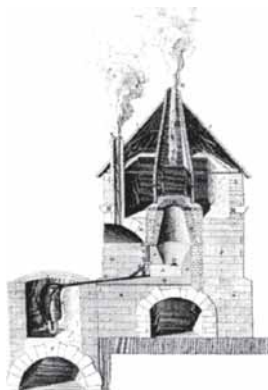


Figura 5. Alto horno de hierro.

En resumen, si comparamos la capacidad de producción siderúrgica de las potencias navales, al final del siglo XVIII Inglaterra tiene una clara ventaja tecnológica sobre España, que, como hemos visto, no logra dar el salto a la siderurgia industrial, y sobre Francia, que también finaliza el siglo sin conseguir fundir con coque.

Inglaterra contaba en 1760 con 17 altos hornos de coque, en 1775 eran ya 30, y en 1790, 80. A final del siglo también se había generalizado la refundición del hierro colado (pig iron) para la fabricación de artillería, lo que permitía una fundición gris libre de impurezas. (*Ver figura 5*)<sup>10</sup>.

#### LOS PROCESOS DE MECANIZADO

Durante el siglo XVIII, en España la controversia de si los cañones debían fundirse en sólido y después barrenarlos o, por el contrario, deberían fundirse con la forma aproximada del ánima y rectificarlos después, fue constante. (*Ver figura 6*).

Aunque esta controversia se extendía a los dos tipos de artillería, a partir de la mitad del siglo alcanzó especial virulencia en lo referente a la de hierro colado, con efectos negativos sobre el programa de construcción naval. Coincidiendo con la na-

<sup>10</sup> Obsérvese que se está colando el hierro sobre el molde. No se está empleando el refundido del arrabio.

cionalización de los ingenios de Liérganes y la Cavada, en 1762 el Ejército se hace cargo de la dirección técnica de las factorías y cambia el método tradicional de producción que se había venido empleando de fundición en hueco por el de fundición en sólido. La implementación del nuevo método resulta mas difícil de lo que se había previsto y, después de diversas vicisitudes, las factorías entran en una espiral de caída de la producción y falta de calidad, que las obliga a importar, entre 1773 y 1775, 4.498 cañones del fundidor inglés Carrón<sup>11</sup>, con el fin de poder armar los buques que se están construyendo.

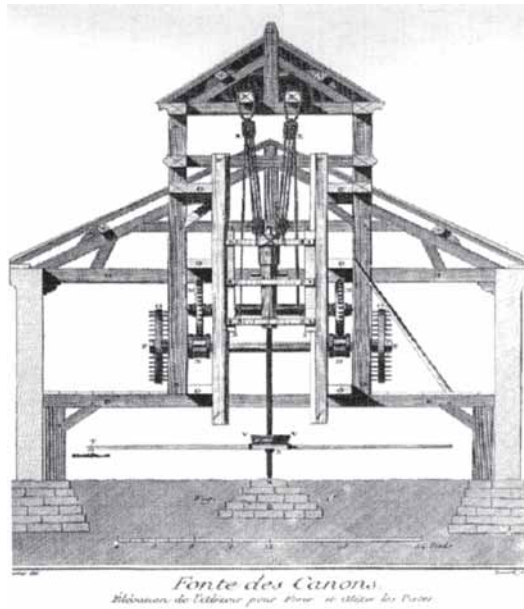


Figura 6. Máquina para el barrenado vertical.  
El cañón permanece fijo y gira la barrena.

Este estado de cosas lleva a que en 1782 la Armada se haga cargo de la dirección técnica y a que, con el fin de aumentar la producción, vuelva a implantar el método de fundición en hueco, lo que origina una nueva polémica con el Cuerpo de Artillería del Ejército –en el que hay autoridades en este campo como el célebre Tomás Moría–. La disputa alcanza tal nivel que Carlos III ordena que se hagan pruebas en su presencia con piezas fundidas por el procedimiento restituido por la Armada.

<sup>11</sup> Este es el mismo fundidor que lanzara la producción de la «carronada».

Las pruebas realizadas en 1784 no resultan lo suficientemente concluyentes, pero el rey da por finalizada la disputa y establece *que se continúe fundiendo como hasta ahora, respeto a que los cañones son de satisfacción de la Marina, que es la que ha de servirse de ellos*<sup>12</sup>.

Entretanto, en Inglaterra los procesos de mecanizado industrial habían avanzado impulsados por las necesidades de mecanizado de precisión requerido por la fabricación de máquinas de vapor. Si alguien tiene tecnología para torneado de pistones y cilindros de una máquina de vapor, también la tiene para barrenar con precisión el ánima de un cañón. En 1775 John Wilkinson diseña una máquina de barrenar horizontal para la fabricación de cañones, que inmediatamente se utiliza para la fabricación de las máquinas de vapor de Watt y Boulton.

La conclusión de este capítulo es clara: los cañones ingleses que lucharon en Trafalgar son tecnológicamente superiores a los españoles y franceses.

#### LOS MOLDES

Los moldes sufren también una evolución; paulatinamente se va abandonando el tipo de moldes descritos anteriormente, cuya preparación requería un tiempo considerable, en aras de aumentar la producción. A finales de siglo ya se utilizaban moldes muy sofisticados consistentes en cajones metálicos con tierra refractaria.

#### PRUEBAS DE RECEPCIÓN

Una característica del proceso de fabricación era su falta de homogeneidad en el producto, causada por la dificultad de controlar los fenómenos físico-químicos de la colada y la precisión del mecanizado. Hasta bien entrado el siglo XIX no existió una normalización en la calidad de los cañones que permitiese aplicar un método estadístico a las pruebas de recepción. En consecuencia, cada uno de los cañones era inspeccionado con un protocolo muy extenso.

Rovira nos ilustra sobre las pruebas de recepción que se realizaban en España y cómo eran muy similares a las que se realizaban en Francia e Inglaterra.

Resultaría prolijo realizar una descripción del protocolo de pruebas del cañón, pero, para dar una idea al lector de su rigor, examinemos los aspectos más importantes.

<sup>12</sup> Discurso de D. Fernando González-Camino y Aguirre leído el 10 febrero de 1972 en el Instituto de Cultura de Cantabria.

La inspección comenzaba con un extenso control de calidad dimensional del cañón, tomando como norma la Ordenanza con la que se había fabricado, con especial atención a la verificación del plano de muñones, centricidad del eje del ánima, calibre, fogón y espesores en los diferentes cuerpos<sup>13</sup>.

Seguidamente se procedía a verificar la calidad de la fundición. La prueba del sonido era determinante; un oído experto, escuchando el sonido producido por golpes metálicos, podía descubrir un fallo interno en la fundición<sup>14</sup>.

Un aspecto esencial del protocolo de pruebas de aceptación, por sus repercusiones para el servicio de la pieza, era la inspección del ánima. La uniformidad cilíndrica determinaba la vida útil del cañón, y el grado de acabado su seguridad operativa. Uno de los defectos que más incidían en la seguridad del manejo eran los «escarabajos»; las hendiduras en el ánima. Los escarabajos eran particularmente peligrosos cuanto más cerca estaban de la cámara de la caña, ya que en este caso existía la posibilidad de que quedasen en ellos rescoldos del disparo y, si no se pasaba la lanada minuciosamente, podía producirse la ignición del cartucho de pólvora al cargar. Esto tenía, por añadidura, un efecto operativo muy negativo, ya que tener que pasar la lanada en cada disparo reducía la cadencia de disparo del cañón.

En la figura pueden verse distintos artilugios par el reconocimiento del ánima: las figuras 62 y 63 son crucetas para la comprobación del cilindro del ánima. La 65 es un candelabro para iluminar interiormente el ánima. A continuación se muestran los «gatos» para descubrir los escarabajos y, en la parte inferior, el «topo», una herramienta más sofisticada para reproducir el perfil de una generatriz del cilindro del ánima<sup>15</sup>. (*Ver figura 7*).

La etapa final de la aceptación era el tiro de resistencia y la posterior prueba hidráulica. Éste fue también uno de los capítulos sujetos a controversia dentro de la comunidad artillera, sobre todo en lo referente a la cantidad de pólvora que había que utilizar en la prueba. La carga de proyección estándar de combate en la segunda mitad del siglo era aproximadamente un tercio del peso del proyectil, y la que se usaba para el tiro de resistencia era del mismo peso que la bala. Algunos autores argumentaban que este tipo de tiro era una prueba que podía causar fallos ocultos que repercutieran en la seguridad y en la vida útil del cañón.

<sup>13</sup> El lector puede encontrar una descripción rigurosa del protocolo en el citado Manual de Artillería de Rovira.

<sup>14</sup> Aún no hace tanto tiempo, RENFE realizaba un ensayo similar para determinar la integridad de los ejes de los vagones.

<sup>15</sup> No me negarán el amor que por los animales mostraban nuestros artilleros ilustrados.



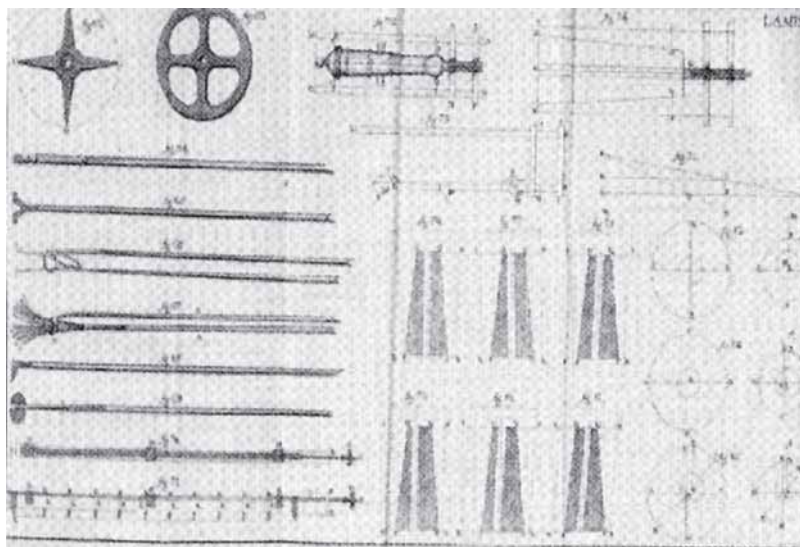


Figura 7. Aparatos para la inspección del ánima.

En esta prueba el cañón se fijaba en una fosa y de esta manera se realizaba el disparo. Inmediatamente después del disparo se tapaban el fogón y la boca y se observaban posibles escapes de gases a través de posibles defectos en la fundición. El examen final consistía en una prueba hidráulica.

#### LAS ARMAS NAVALES. EL CAÑÓN DE HIERRO COLADO DE AVANCARGA

Durante todo el siglo XVIII el arma naval por excelencia del buque de línea es el cañón de avancarga, montado sobre cureña de madera. El modelo estandarizado de cañón naval –muy similar en las tres marinas–, permanecerá prácticamente inalterado durante todo el siglo, e incluso en el comienzo del siglo XIX, cuando se produce una transformación de la artillería naval que acarreará una revolución en el tipo de buque y en las tácticas. A mitad del siglo XIX, la época de la marina de los buques de línea de madera la clausura la aparición de los cañones bombarderos, de la máquina de vapor y los avances tecnológicos en la metalurgia del acero.

Durante el siglo XVIII las tres marinas estandarizan los calibres y tipos de cañones mediante sucesivas ordenanzas, con el resultado de que los cañones llegan a tener dimensiones y apariencias casi similares.

La ordenanza para la artillería naval que se publica en Francia en 1674 fijando las proporciones de los cañones navales es probablemente la primera reglamentación

de este tipo<sup>16</sup>. En esta ordenanza se fijan los calibres para los cañones de hierro en 18, 12, 8, 6 y 4 libras (nótese que el calibre de 36 libras aún no está incluido, ya que la tecnología siderúrgica no permitía la fundición de estos calibres).

Le siguen a la ordenanza francesa de 1674, ordenanzas en 1689, 1721, 1733, 1758, 1766, 1778 y 1786. En Inglaterra se publican ordenanzas en 1685, 1703, 1716, 1733, 1745, etc. También en España, muy influenciada por Francia, se publican ordenanzas en 1728, 1752, 1765, 1784.

Resulta imposible hacer un análisis comparativo, siquiera somero, de las distintas ordenanzas, pero sí se puede resaltar a grandes rasgos la evolución que sufren los cañones:

- A comienzo de siglo aparecen los calibres de 36 y 24 libras en Francia y de 32 en Inglaterra. Con ello se establece el rango de calibres que permanecerá invariable en todo el siglo: 36, 24, 18, 12, 8, 6 y 4 en Francia y en España, con la única diferencia de que en España se substituye el calibre 36 por el de 32<sup>17</sup>.
- La normalización de la artillería, que a finales del XVII se limita a «normalizar al calibre», se va haciendo más precisa en la definición de los moldes que utilizaban las distintas fundiciones<sup>18</sup>.
- Disminuyen paulatinamente los junquillos, los filetes, los cuartos bocel, las medias cañas, los picos de papagayo y los astrágalos entre los cuerpos de los cañones. La transición entre los tres cuerpos del cañón es cada vez más simple y funcional.
- A medida que aumenta el dominio de la técnica de fundición disminuyen los espesores y, por lo tanto, el peso de las piezas.
- Aparecen para un mismo calibre cañones largos y cañones cortos, estos últimos normalmente para el servicio en buques de menor rango y fragatas.

El tema de las longitudes de los cañones requiere un apartado especial, ya que fue muy debatido en su momento. El principio de que, para un mismo calibre, los cañones más largos tenían mayor alcance estaba firmemente arraigado en el mundo artillero. No era carente de lógica este principio, ya que empíricamente se sabía que cuanto más larga era la caña, mayor impulso se obtenía de la carga propulsora.

<sup>16</sup> *Artillerie de Mer*, J. Boudriot.

<sup>17</sup> Conviene aclarar que las libras no tienen la misma equivalencia en los tres países, por lo que los calibres correspondientes al mismo número de libras no son exactamente iguales.

<sup>18</sup> En las planchas de los cañones de la Ordenanza francesa del 86 se puede apreciar cómo los cañones de las distintas fundiciones francesas, para el mismo calibre, tienen distintos refuerzos, distinta longitud y distinto peso.

En 1742 Benjamín Robins publica el tratado «New Principies of Gunnery» en el que se establecen los principios de la balística interior racional. La obra tiene una gran repercusión y estimula una serie de pruebas y ensayos tanto en Francia como en Inglaterra; como resultado de estos surge una conclusión sorprendente para la época: para el mismo peso de carga propulsora, cañones más cortos que los que por entonces estaban en servicio alcanzaban más. Este descubrimiento tiene una clara implicación a bordo, ya que permite cañones más ligeros manteniendo el mismo alcance.

La primera potencia en plasmar de una manera práctica estas experiencias en ordenanzas es Inglaterra, que procede a la reducción de sus cañones navales. Le sigue Francia, que en la Ordenanza de 1766 ya define los cañones más cortos como la «nouvelle artillerie»<sup>19</sup>.

En España e Inglaterra el cañón naval iba montado sobre cureña de madera<sup>20</sup> de cuatro ruedas<sup>21</sup>. Los franceses utilizaron esporádicamente cureñas de dos ruedas, pero en general adoptaron también la cureña de cuatro. Las cureñas de las tres marinas permanecen casi inalteradas durante el siglo con ligeras variaciones. Por ejemplo, las cureñas «a la española» hasta mitad de siglo se diferencian de las inglesas en que en las nuestras la solera es una pieza sólida, lo que le proporciona más robustez, sin embargo presentan el inconveniente de acumular agua, lo que aceleraba la putrefacción de la madera.

Las cureñas no requerían especial tecnología para su fabricación, pues los ramos de los arsenales estaban capacitados para ello, pero sí resultaba esencial la maestría para lograr la resistencia estructural, que resultaba vital en el combale, por lo que se prestaba especial cuidado a su reglamentación. Una cureña mal proporcionada tenía una vida de servicio más corta, y además podía presentar inconvenientes como el tan conocido entre los artilleros de «embicar»: el cañón literalmente saltaba al disparar por desequilibrado de momentos.

El cañón se hacía firme a la cureña en las muñoneras labradas semicilíndricamente en la parte alta de las gualderas; aquí descansaban los muñones del cañón, abrazados por las sobremuñoneras, que le permitían un único grado de libertad en elevación. La elevación se lograba mediante la almohada y las cuñas de puntería.

<sup>19</sup> Rovira conocía la obra del inglés Robins y estaba al tanto de las experiencias que se realizaban sobre el efecto de la longitud de los cañones y de su alcance. El lector puede consultar su Tratado de Artillería para la instrucción de los Caballeros Guardiamarinas.

<sup>20</sup> Como curiosidad, según nuestras ordenanzas, la madera para las cureñas debía cortarse en la luna menguante de invierno

<sup>21</sup> En el capítulo VI del Manual para instrucción de los Caballeros Guardiamarinas, Rovira hace una extensa descripción de las cureñas navales.

En combate, las cureñas se maniobraban mediante los palanquines, dos a cada lado de las gualderas, para meter el cañón en batería, y otro firme a la contera o al eje trasero para retener el montaje fuera de batería mientras se realizaban las maniobras de cargar. Los cañones ingleses disponían de una argolla en el cascabel por la que pasaban el braguero, con el fin de que el esfuerzo de frenado se ejerciese sobre el cañón, con lo cual la cureña sufría menos. Los españoles pasaban el braguero por las grueras de las gualderas; con esta disposición sufría más la cureña.

Cuando el buque estaba en tránsito, los montajes se trincaban a son de mar; una manera era trincar «en batería» —no aplicable a los cañones de la primera batería—. Se afirmaban las cureñas de modo que las ruedas se apoyaban en el trancañil de la amurada, sobresaliendo la caña por la porta. Cuando las condiciones de la mar exigían cerrar las portas, los cañones se trincaban con maniobras más elaboradas: «abretonar» y «batiportar»<sup>22</sup>. No es de extrañar la atención que se le daba a estas maniobras, ya que uno puede imaginar lo que supondría, en condiciones duras de mar, un montaje de 3.000 kilogramos, sin control en la cubierta de artillería<sup>23</sup>.

La munición estándar para el cañón naval era la bala esférica maciza de hierro colado. El diámetro de las balas era inferior al del calibre en aproximadamente 1/20 de éste. Como ya se indicó, el calibre del cañón lo definía el peso en libras de las balas. La fundición de la munición presentaba problemas tecnológicos diferentes a los de la fundición de la artillería; aquí el problema no era tanto conseguir una gran masa de hierro colado lo suficientemente homogénea como el de conseguir las características mecánicas precisas. Los fabricantes no siempre entendían el gran esfuerzo de choque a que se sometía la munición en el momento del disparo y no siempre prestaban la misma atención que a la fundición de los cañones, lo que era un gran error. Que una pieza reventase era muy evidente, pero nunca sabremos las batallas perdidas por causa de municiones frágiles que se fracturaban en el interior de las cañas.

Para el tiro contra las arraigadas se idearon a lo largo del siglo varios tipos de municiones. De las de ordenanza, son de destacar la palanqueta española formada por dos balas unidas por una barra, la palanqueta francesa, similar a la española pero formada por dos semibalas, y por último la palanqueta inglesa, que consistía en una única pieza prismática con un diseño mucho más adaptado para soportar los esfuerzos del disparo. La Armada acabó por adoptar también este tipo de proyectiles. Otros

<sup>22</sup> Uno ve con cierta nostalgia cómo el rico lenguaje marinero y artillero lleno de colorido y sonoridad se pierde irremediamente. En cualquier caso, el lector curioso puede encontrar unos magníficos dibujos describiendo estas maniobras en el álbum de Marqués de la Victoria.

<sup>23</sup> Aún hoy en día en el argot de la USN «a loose gun» es alguien que se comporta de manera peligrosa o alocada.

tipos consistentes en balas encadenadas, artilugios mecánicos que se despleaban después del disparo, etc resultaron demasiados peligrosos para la integridad de los cañones y solamente se utilizaron experimentalmente o por corsarios.

A cortas distancias los cañones se cargaban con munición de metralla consistente en un saquete con base hierro<sup>24</sup> en el que se ponía un número fijado por ordenanza de balas sólidas de igual diámetro; por ejemplo, en España el reglamento de 1765 establecía para el calibre 36 16 libras de 2 libras.

Generalmente la munición se fundía en los mismos sitios donde se fundía la artillería, aunque, por ejemplo, en España había factorías únicamente dedicadas a munición como las Reales Fábricas de Eugui, San Sebastián de Muga, Orbaizeta, etc. Merece especial mención el esfuerzo que realizó mi paisano Raimundo Fernández por crear una industria siderúrgica en Sargadelos que proporcionó munición a la Armada y al Ejército<sup>25</sup>.

La pólvora se recibía a bordo embarrilada, ya que éste era el mejor procedimiento de mantenerla con el mínimo nivel de humedad –que era la que degradaba su vida útil–. A bordo se encartuchaba únicamente la cantidad que se estimaba necesaria para el combate, para lo cual la dotación, utilizando unos moldes de madera, confeccionaba los cartuchos, que después se llenaban con la pólvora de las bálticas. El material de que se confeccionaban los cartuchos varió a lo largo del siglo y entre las marinas, a la busca de un equilibrio entre el coste y las características del material más apto para preservar la pólvora seca y para arder instantáneamente sin dejar rescoldos. Esta propiedad tenía influencia en la cadencia de tiro, ya que, si el material era propenso a dejar restos incandescentes después del disparo, los sirvientes del montaje tenían que pasar el sacatrapos y la lanada, lo que repercutía en la cadencia de fuego. A lo largo del siglo se utilizaron papel, seda, franela, pergamino, etc.

El juego de armas para el servicio de los cañones era casi idéntico en las tres marinas. El juego estándar consistía de atacador, lanada y sacatrapos (a bordo, no se utilizaba la cuchara para carga de la pólvora, únicamente se utilizaba en la artillería de fuertes).

<sup>24</sup> Inicialmente el zoquete era de madera, pero se rompía con frecuencia, por lo que se sustituyó por hierro.

<sup>25</sup> La actual fábrica de cerámica de Sargadelos es, de alguna manera, la heredera de aquel esfuerzo. El catálogo de la exposición Las Reales Fábricas de Sargadelos, el Ejército y la Armada, celebrada en Madrid en 1994, recoge las vicisitudes de aquella aventura industrial.

## LA CARRONADA

La East Indian Company necesitaba un arma con buena potencia de fuego a corta distancia, que pudiese ser manejada por una dotación muy reducida y, lo más importante de todo, de peso reducido para poder ser montarla en la cubierta de los diversos buques mercantes. Como suele ocurrir a menudo, los requisitos del arma eran inconsistentes entre sí, especialmente en lo que se refería a potencia de fuego y peso de la pieza. Hasta entonces la potencia de fuego significaba peso de carga de pólvora, y esto inevitablemente requería grosores de hierro para resistir la presión de la ignición de la carga de proyección. Es decir, existía una relación directa entre potencia y peso de la boca de fuego.

Pero, como ya quedó patente cuando tratamos el estado de la tecnología, en el último cuarto del siglo la fabricación de máquinas de vapor había impulsado las máquinas herramientas de manera que se podría reducir considerablemente el viento<sup>26</sup> que permitía reducir sensiblemente las cargas de proyección.

En 1770 Robert Melville diseñó un arma que era un compromiso entre los citados requisitos. En 1774 la fundición de Carrón comienza su producción, de donde toma su nombre. En 1778 la adopta la marina británica y la emplea en la guerra de la Revolución Americana. (*Ver figura 8*).

La carronada de la fotografía, montada actualmente en el Victory, permite apreciar las características de este arma. El arma es relativamente ligera, ya que únicamente utiliza 1/12 del peso del proyectil en pólvora, y de cañón corto, ya que su destino era el combate a corta distancia. La carronada disparaba munición de metralla o bala hueca, normalmente de calibres 32 o superiores.

El poco peso del arma en comparación con el peso de la munición lógicamente causaba un retroceso violento que la cureña de cuatro ruedas no podía soportar. La cureña de rozamiento —que se ve claramente en la fotografía— fue la solución a este problema<sup>27</sup>. Aunque la carronada de la fotografía utiliza una cuña para la puntería horizontal, las carronadas estaban dotadas de un mecanismo de tornillo roscado en el cascabel, que permitía una puntería vertical más precisa. Por otra parte, la cureña de rozamiento hacía más fácil resolver el problema de apuntar el cañón en orientación.

La carronada, como ya se indicó, era un arma de corto alcance; una de calibre 68 tenía un alcance útil de unos 250 metros, pero pesaba lo mismo que un cañón de 6 libras, lo que permitía armar con ellas las cubiertas altas de los buques de línea incrementando sensiblemente su potencia de fuego.

<sup>26</sup> Huelgo entre la bala y el ánimo.

<sup>27</sup> Las cureñas basadas en este principio continuarán utilizándose durante el siglo XIX en la artillería naval.

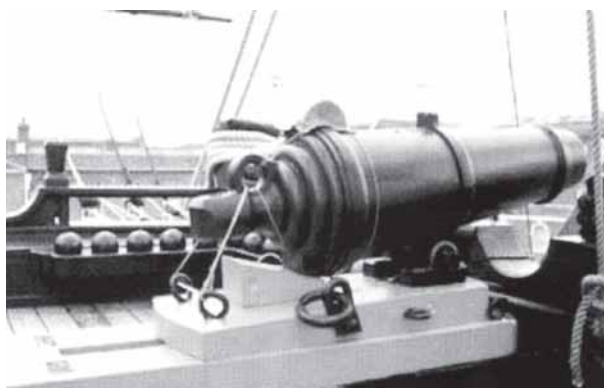


Figura 8. Carronada a bordo del HMS Victory.

Casi coincidiendo con la aparición de la carronada en Inglaterra, en Francia y en España se está considerando un nuevo concepto de cañón naval capaz de disparar bombas, es decir, balas huecas cargadas con explosivo y dotadas de una espoleta. A pesar de que en 1798 se realizan en Francia experiencias en secreto con este tipo de artillería con resultado satisfactorio, en 1801 una decisión ministerial canceló el programa, que no volverá a resucitar hasta que Paixahnts publica en 1821 el clásico «Nouvelle Force Maritime». Una decisión<sup>28</sup> que, analizada con perspectiva histórica, podríamos decir que resultó catastrófica para Francia; de haber seguido con la línea de investigación comenzada, el obús naval le hubiese dado a la marina francesa una ventaja tecnológica determinante durante la guerra con Inglaterra. Aunque no hay que perder de vista nuestro esquema de interrelaciones, sin un profundo rediseño del buque de línea de madera, la utilización de bombas a bordo suponía un grave riesgo para la integridad del buque. Tendrían que ocurrir cambios tecnológicos radicales en la concepción de las plataformas antes de que se generalizase el cañón con bombas a bordo. ¡Si se hubieran acelerado estos cambios, qué diferente hubiese sido el resultado de Trafalgar!

En España, el por entonces brigadier Rovira proyectó en 1783 un sistema de obuses navales que se fundieron en hierro y bronce en la Cavada y en Sevilla respectivamente, y superaron con éxito las pruebas. Posteriormente se aprobaron y comenzó la instalación a bordo, pero las circunstancias históricas por las que atravesaba España impidieron la consolidación del proyecto y, lo mismo que le ocurrió a Francia, perdimos una oportunidad de oro de adelantar tecnológicamente a Inglaterra.

<sup>28</sup> Según algunos autores, la explosión del L'Orient durante la batalla de Aboukir se achacó a la deflagración de las bombas estibadas en las proximidades de los cañones.

## EL MANEJO DE LA ARTILLERÍA

Los montajes se alineaban paralelamente a ambas bandas de las cubiertas, cada cañón tenía asignado un capitán de montaje y una dotación, que era suficiente para realizar las funciones que requería el manejo, pero no para mantener la cadencia de tiro que se esperaba en una acción –en el caso de que la acción fuese únicamente por una banda, se incorporaban las dotaciones de la otra banda.

Dado que la diferencia tecnológica de los cañones de las distintas marinas era mínima, la verdadera «ventaja competitiva» en la batalla residía en la cadencia de fuego, normalmente la puntería no jugaba un papel determinante. En lo referente a este aspecto resulta imposible autenticar los partes de campaña que proclaman cadencias prácticamente imposibles de alcanzar. Un buen ritmo de fuego para un cañón de 36 con una dotación doble bien adiestrada podría estar en un disparo cada dos minutos. Si la acción requería servir la artillería de ambas bandas simultáneamente, este ritmo de fuego se reducía drásticamente y el buque se encontraba en evidente desventaja táctica.

No requiere mucha imaginación entrever la experiencia que debería ser para la dotación de un montaje vivir una batalla, por ejemplo, en la cubierta de los cañones de 36 libras: denso humo por doquier que oscurecía totalmente el ambiente (las cubiertas de artillería disponían de faroles especiales a este fin), el ruido ensordecedor de los disparos, las masas de los montajes –no ya el propio, sino el de los adyacentes– retrocediendo, balas de cañón incontroladas rodando por la cubierta, heridos, astillas volando causadas por los proyectiles enemigos, disparos de armas ligeras entrando por las troneras y, si el estado de la mar era malo, chorreones entrando de vez en cuando; en este escenario cobraba sentido la antigua frase artillera de «aguantar al pie del cañón».

En este ambiente los artilleros tenían que realizar las siguientes funciones:

- La primera función era dejar al cañón en posición de carga, para lo cual se manejaba simultáneamente con los palanquines de laterales y el de retenida.
- Posteriormente se pasaba el sacatrapos y la lanada.
- A continuación se introducía el cartucho de pólvora, que se afirmaba con el atacador; a continuación, un taco (los ingleses solían prescindir de este taco), la bala y el taco final, que a su vez tenía que ser atacado de nuevo.
- El cañón se metía en batería mediante los palanquines.



- El capitán del montaje perforaba el cartucho mediante la aguja de «punta de diamante», cebaba el fogón y aplicaba fuego o activaba la llave de pedernal<sup>29</sup>.

#### LA INFLUENCIA EN LA TÁCTICA. EMPLEO TÁCTICO

Para un mismo calibre, la balística de efectos de la bala sólida dependía en gran medida de la velocidad con que alcanzaba al casco. Para tener una idea del poder de penetración, una bala de 36 libras a 100 metros perforaba el equivalente a un espesor de roble de 130 centímetros, a 400 metros perforaba 1 metro.

Una modalidad de disparo era lo que se llamaba a la «lumbre del agua», que consistía en disparar a la flotación. A pesar de lo que se dice en mucha literatura, ésta era una modalidad de tiro muy poco efectiva, ya que la estadística de buques hundidos por daños artilleros directos es insignificante. El tiro contra batería consistía en tratar de anular la capacidad artillera enemiga causando el mayor número posible de bajas en el mínimo periodo de tiempo. En este caso la balística de efectos era doble, por una parte los proyectiles que desmontaban la artillería enemiga, pero quizás el más letal era el efecto astillado que se producía cuando la bala atravesaba la amurada de las cubiertas de artillería. Las enormes astillas proyectadas a alta velocidad causaban amputaciones y atroces heridas en las dotaciones de los montajes. Es de destacar que para este tipo de tiro era preferible que la bala alcanzase al enemigo con poca velocidad, ya que de esta manera se incrementaba el efecto astillado.

Una modalidad del tiro contra batería era el tiro en enfilada, en este caso los proyectiles alcanzaban las galerías de popa del buque de línea, la zona estructuralmente menos protegida del buque. Las balas recorrían las cubiertas de artillería sin ningún obstáculo causando extensos daños en los montajes y numerosas bajas. En los enfrentamientos entre buques aislados ambos contendientes buscaban enfilarse al otro.

El fuego a desarbolar se realizaba con palanquetas contra las jarcias y arboladuras. Diversos autores<sup>30</sup> han señalado el inmovilismo táctico que se produce, no ya durante el siglo XVIII, sino durante casi los doscientos años que van desde la adopción de la línea de fila como la formación táctica casi exclusiva hasta los grandes avances tecnológicos que se producen hacia 1850.

<sup>29</sup> En Trafalgar los buques británicos estaban dotados de llaves de pedernal, que habían entrado en servicio en 1780 a iniciativa de Sir Charles Douglas. Inexplicablemente nosotros aún no las habíamos adoptado.

<sup>30</sup> Contralmirante Bordejé y Morencos, Federico: «El Inmovilismo táctico en el siglo XVIII», *Revista de Historia Naval*, 52, 1996

Voy a evitar la controversia histórica de identificar a los ingleses u holandeses como los creadores de la línea de fila; lo cierto es que durante la primera guerra británica-holandesa, ambas potencias establecen esta formación, que posteriormente será adoptada por Francia y España. (*Ver figura 9*).

Teniendo en cuenta que conceptualmente el buque de línea está ya sólidamente definido desde mediados del siglo XVII, con artillería dispuesta en los costados, si uno quiere obtener la máxima ventaja de la potencia de fuego embarcada en una flota, está claro que geoméricamente la línea de fila es la formación óptima, ya que en este caso todos los buques tienen el máximo sector de fuego libre, así que no es de extrañar que tarde o temprano alguien adoptase esta formación.

Volvamos por un momento al sistema de interrelaciones. El requisito de instalar a bordo la mayor potencia de fuego conduce a la concepción del buque de línea como plataforma artillera, el empleo óptimo de esta potencia de fuego lleva a la adopción de la línea de fila, que a su vez causa una creciente estandarización del buque de línea. Si además tenemos en cuenta la enorme inversión que las tres potencias navales realizan en sus escuadras a lo largo del siglo y lo que supondría la renovación de las mismas en términos económicos es fácilmente explicable el equilibrio de interrelaciones que produce inmovilismo en la fabricación de artillería.

De esta manera vemos cómo el combate en línea de fila se convierte en la religión táctica del XVIII en Inglaterra, Francia y España<sup>31</sup>. Ningún mando naval osaba desviarse de esta verdad dogmática por las consecuencias que tal iniciativa acarrearía; y así vemos incluso fusilamientos de almirantes que rompieron la formación y perdieron la batalla, –con los que ganaban se hacia la vista gorda–.

Este equilibrio de factores muestra signos de agotamiento a finales del siglo y hay distintos signos que anuncian los grandes cambios que se producen a mediados del siglo XIX, que cerrarán definitivamente el capítulo del buque de línea. Quizás causado por la ventaja que les proporciona la superioridad de su artillería, algunos almirantes ingleses comienzan –no sin riesgo– a poner en duda el combate en formación de línea. En la mente de todos está la figura de Nelson, que recurre a una manobra poco ortodoxa en la batalla naval más importante de la época.

A pesar de disponer de casi idénticos buques y artillería similar, la doctrina en su empleo marcó importantes diferencias, como veremos a continuación.

<sup>31</sup> El magnífico lienzo de Auguste-Lois Rossel de Cergy, describe la formación casi geométrica de las escuadras de Suffren y Hueges en línea de fila durante la batalla de Goudeloir.

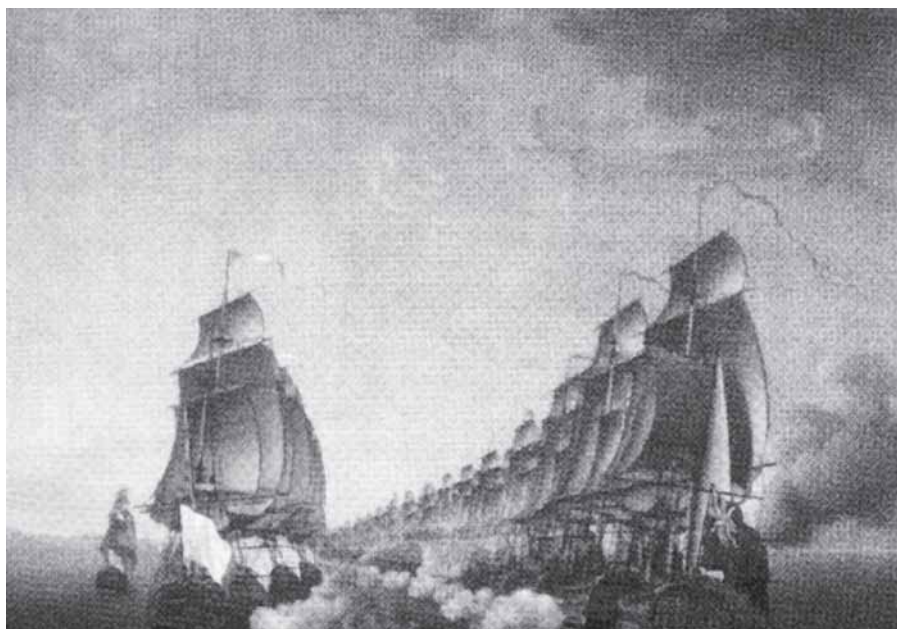


Figura 9. La línea de fila.

#### LA DOCTRINA BRITÁNICA

Los británicos, a lo largo de todo el siglo, siguieron una doctrina ofensiva que era prolongación de la que establecieron en las guerras con Holanda del siglo anterior, buscando y provocando el combate siempre que se presentaba la oportunidad, incluso cuando no gozaban de superioridad numérica, lo que les llevaba con frecuencia a no seguir la ortodoxa formación táctica de la fila de línea. La consecuencia lógica de esta doctrina era, por una parte, el establecer la situación táctica a barlovento del enemigo y, por la otra, utilizar fuego de artillería dirigido contra las cubiertas de baterías, persiguiendo causar el máximo número de bajas.

La maniobra táctica que fue tomando cuerpo durante las guerras napoleónicas fue cortar la línea de fila enemiga desde barlovento, para en la *mêlée* posterior «doblar» a las unidades enemigas aisladas.

El movimiento táctico de cortar la fila de línea enemiga era arriesgado, ya que durante un tiempo considerable los buques atacantes estaban expuestos al fuego enemigo sin poder hacer uso prácticamente de la artillería propia; sin embargo, desde un punto de vista puramente artillero, si uno tiene confianza en el adiestramiento de las dotaciones de los cañones y en sus posibilidades de mantener una cadencia de tiro superior al enemigo, la maniobra presenta la ventaja de que en el momento de cruzar

la formación enemiga el buque que presenta la popa –la parte verdaderamente vulnerable del buque de línea– queda expuesto a todo el fuego de la banda del que cruza<sup>32</sup>. Los efectos de este tipo de tiro eran devastadores, los proyectiles barrían sin obstáculo alguno la eslora de las cubiertas de artillería causando daños directos y miles de astillas que se convertían en proyectiles mortales para las dotaciones de los cañones.

Si se conseguía doblar a un adversario entre dos buques, su destino estaba sentenciado; no solo recibía impactos por ambas bandas, sino que tenía que dotar las baterías de babor y estribor simultáneamente a costa de sacrificar a menos de la mitad su ritmo de tiro<sup>33</sup>.

Como se ve, los británicos perseguían rendir y apresar al buque enemigo, ya que era prácticamente imposible hundir a un buque de línea por los efectos de la artillería, causándole el mayor número de bajas en el tiempo mínimo, y esta era la razón de que pusiesen más énfasis en el combate a corta distancia y se concentrasen en incrementar la cadencia de tiro más que en aumentar la puntería.

Los resultados de esta doctrina, en lo que a bajas se refiere, son evidentes si se comparan los datos de la tabla (*Ver figura 10*).

BATALLA	BAJAS BRITÁNICA			BAJAS DEL Oponente			
	MUERTOS	HERIDOS	TOTALES	MUERTOS	HERIDOS	TOTALES	PRISIONEROS
PRIMERO DE JUNIO, 1794	287	811	1.098	1.500	2.000	3.500	3.500
SAN VICENTE, 1797	73	227	300	430	570	1.000	3.157
CAPER DOWN, 1797	203	622	825	540	620	1.160	3.775
EL NILO, 1798	218	677	895	1.400	600	2.000	3.225
COPENHAGEN, 1801	253	688	941	540	620	1.160	3.775
TRAFALGAR, 1805	449	1.241	1.690	4.400	2.545	6.953	7.000
<b>TOTAL</b>	<b>1.438</b>	<b>4.266</b>	<b>5.749</b>	<b>9.068</b>	<b>7.245</b>	<b>16.313</b>	<b>22.675</b>

Figura 10. Cuadro resumen de bajas.

<sup>32</sup> A este tiro se le conocía en la Marina Británica como «raking fire».

<sup>33</sup> Como ya se dijo anteriormente, la dotación del buque tenía que desdoblarse.

¿Por qué esa obsesión de los almirantes británicos en apresarse durante las batallas?<sup>34</sup>. Existe un factor poco conocido por el público en general que en gran parte justifica la agresividad táctica de los británicos durante el siglo que nos ocupa: el incentivo económico; En 1708 el Gobierno Británico aprueba la ley «Cruizer and Convoys Act» por la que se formaliza el reparto entre la dotación del dinero conseguido por el apresamiento de un buque hostil, según dice la ley «for the better and more effectual encouragement of the Sea Service». No me cabe la menor duda de que los artilleros británicos, que a fin de cuentas jugaban un papel determinante en el apresamiento, sí se sintieron «motivados».

#### LA DOCTRINA FRANCESA Y ESPAÑOLA

Excepto durante un breve periodo, durante la guerra de la revolución americana la flota británica siempre disfrutó de la superioridad numérica, fruto de su doctrina de favorecer el número de unidades en servicio más que la superioridad tecnológica.

Para los españoles y los franceses resultaba imprescindible preservar los medios navales, dando prioridad a lograr el objetivo estratégico fijado, minimizando pérdidas de unidades. Este principio doctrinal marca una diferencia esencial con los ingleses a la hora de entablar combate. Si uno quiere mantener la capacidad de replegarse si es necesario, tiene sentido mantenerse a sotavento del enemigo, lo cual no quiere decir que fuésemos peores marinos y siempre nos sorprendiesen desde barlovento.

Desde el punto de vista artillero esta doctrina tuvo varias implicaciones: si se quiere retener la iniciativa sobre continuar con el enfrentamiento o replegarse hay que recurrir a la inmovilización táctica del enemigo, lo que se traduce en entablar combate a larga distancia, favorecer el tiro contra jarcias y arboladuras sobre el tiro contra baterías y, consecuentemente, poner más énfasis en la puntería que en la cadencia de tiro.

Cuando se comparan las bajas en las batallas navales más decisivas del siglo que nos ocupa, los resultados hablan por sí solos. Si tomamos como muestra siete combates entre 1794 y 1805, las bajas británicas fueron del orden de 1.500 frente a 10.000 de sus oponentes. La doctrina británica de empleo artillero que perseguía el mayor número de bajas enemigas que causasen la rendición del buque, como se ve, fue terriblemente efectiva.

<sup>34</sup> El propio Nelson se queja al almirantazgo de estar destinado en zonas con pocas oportunidades de conseguir presas.

## INFLUENCIA EN EL DISEÑO Y EN LA CONSTRUCCIÓN

El diseño del buque óptimo para combatir en fila de línea crea una convergencia en la tipología de los buques –no en vano la función dicta la forma–, de tal manera que a finales del siglo XVIII es difícil de diferenciar en apariencia los buques de las tres grandes potencias navales. Si bien a lo largo del siglo surgen en Francia, Inglaterra y España diferentes métodos de trazado y construcción, y las naciones adaptan los diseños a su estrategia naval, el siglo es una época de constantes combates navales y los modelos están sujetos al implacable proceso selectivo del combate, por lo que tampoco es de extrañar que se produzca la convergencia en los diseños. En buena medida hoy en día ocurre lo mismo con tipos de buques similares.

Como se ha dicho repetidamente en este trabajo, el buque de línea era sobre cualquier otra consideración una plataforma artillera en la que había que conseguir instalar la máxima potencia de fuego compatible con la resistencia estructural<sup>35</sup>. Al mismo tiempo tenía que diseñarse para resistir los daños no sólo causados por otros buques similares en enfrentamientos en línea de fila, sino también por la artillería de costa, y al mismo tiempo mostrar unas aceptables características marineras.

Por ejemplo la velocidad, que en principio no era un requisito crítico para el combate en línea, ganó importancia cuando la guerra naval alcanzó una escala global y se hizo necesario desplegar una flota en el menor tiempo posible o perseguir a una formación enemiga. Durante la guerra con Inglaterra de 1779 –en la cual el escenario fue global– la queja de nuestros comandantes fue unánime: nuestros buques daban menos velocidad que los ingleses. En 1782 se remite un escrito a los tres departamentos con el fin de proceder a la revisión del diseño de nuestras unidades a la vista de la experiencia en combate de la citada guerra, el cual dice «...*para el logro no sólo de la buena vela, sino también del debido aguante y conservación de sus baterías sin cuya propiedad es poco útil la primera...*», lo que subraya que nunca se perdía de vista que la capacidad artillera del buque era su principal requisito.

Por eso no era de extrañar que el punto de partida del diseño –siempre evolutivo, basado en anteriores diseños– fuese el número y calibres de los cañones. En el esquema anexo se muestran los distintos aspectos a considerar en el diseño dictados exclusivamente por la capacidad de combate del buque, ya que los aspectos marineros caen fuera de la intención del presente trabajo. (*Ver figura 11*).

<sup>35</sup> La construcción de madera presentaba un límite práctico a la eslora. Por eso en parte el problema de ingeniería era cuál era la mejor combinación de cañones para una eslora dada. El quebranto fue un reto constante en el diseño del buque de línea.



Figura 11. Esquema de los factores que influyen en el diseño de la plataforma.

El tamaño de las portas y su disposición eran factores muy importantes a la hora de realizar el diseño, ya que puede comprenderse que una apertura en el costado era un elemento de discontinuidad en la integridad estructural, que presentaba un reto al diseñador, problema que se agravaba en un navío de tres puentes. Todos los navíos del XVIII mostraban la misma solución al problema de mantener la resistencia estructural, alternando en vertical las portas de una cubierta con las de la cubierta superior<sup>36</sup>. De esta manera se preservaba la integridad de las cuadernas de armar y únicamente se interrumpían las cuadernas de henchimiento<sup>37</sup>.

Las dimensiones de la porta estaban dictadas por la máxima orientación en elevación del cañón y estaban estandarizadas para cada calibre. También estaba regulada la distancia entre dos portas consecutivas de la misma cubierta. El criterio para fijar esta distancia resultaba del espacio requerido para el manejo del cañón y que lógicamente dependía del calibre del mismo. Con el requisito del número de cañones de distintos calibres y las dimensiones anteriores, prácticamente estaba fijada la eslora del buque y empíricamente sus dimensiones principales<sup>38</sup>.

<sup>36</sup> Si el lector quiere a simple vista distinguir un cuadro o una maqueta de un profesional de la de un aficionado, la disposición vertical de las portas es un buen indicativo.

<sup>37</sup> El lector podrá encontrar una extensa descripción en *English Man of War* de Peter Goodwin, editado por Naval Institute Press, y en *José Fernández de Landa*, de José M<sup>a</sup> de Juan-García Aguado, editado por la Universidad de La Coruña.

<sup>38</sup> Jorge Juan escribe en el Examen Marítimo: «la magnitud de los navíos no debe exceder de la medida precisa o necesaria para corresponder al fin a que se dirigen: esto es, los navíos de guerra al servicio y manejo de la artillería que se pretende montar...».

La longitud de la caña y el retroceso retenido por el braguero definían la longitud en el sentido de la manga que se requería para la carga del cañón cuando éste estaba fuera de batería. Téngase presente que en ciertas circunstancias la carga tenía que realizarse con las portas cerradas —a cortas distancias el fuego de fusilera enemiga podía concentrarse precisamente en las portas— y, aunque para estos fines había juegos de armas con el mango flexible, la longitud requerida para esta maniobra era considerable. Estas distancias con el margen para escotillas (y las estibas de los botes en la cubierta superior), tenían que ser compatibles con la manga de las distintas cubiertas.

Como ya se indicó en el apartado de las armas navales, una vez que quedó demostrado que el alcance de un cañón no era proporcional a la longitud del cañón, las tres marinas modificaron sus reglamentos para disponer de cañones más cortos y de menos peso.

El otro problema al que se enfrentaba el diseñador era el de soportar las cargas estáticas y dinámicas que originaban la masa concentrada de las piezas de artillería. El soporte de la carga estática que suponía la disposición en paralelo de cañones, que podían pesar más de 3.000 kilogramos, se solucionaba básicamente aumentando el número de baos y reforzando las bulárcamas. Las soluciones estructurales a este problema variaron en distintas épocas del siglo y entre las tres potencias navales, pero por ejemplo, una solución muy extendida para la primera cubierta era colocar un bao bajo cada cañón y otro a cada lado del mismo. Las cargas dinámicas como consecuencia del retroceso del disparo se transmitían directamente a los puntos de amarre del braguero, que tenían que hacerse fijos a las cuadernas de armar. Un disparo en salva por un costado suponía una enorme carga dinámica sobre la estructura transversal del navío.

El otro gran reto que planteaba la distribución de la artillería era el de la estabilidad del navío y en particular la altura de las portas de la primera cubierta sobre la línea de flotación. Éste era sin duda alguna el factor más determinante sobre la capacidad operativa del buque, ya que era en esta cubierta donde iban montados los cañones de mayor calibre y en ellos residía en gran medida la capacidad artillera.

Unas portas demasiado bajas suponían la inutilización de las baterías de la primera cubierta en caso de mala mar o, lo que era aún peor, en caso de un combate con el enemigo a sotavento, la escora del buque podría obligar al cierre de las portas de la banda de combate, dejando inutilizadas las baterías de mayor calibre de toda la banda, con resultados catastróficos. Por otra parte, elevar esta cubierta tan sólo unos pocos centímetros tenía gran influencia en la posición del centro de gravedad y por lo tanto en la estabilidad<sup>39</sup>.

<sup>39</sup> La aplicación progresiva del cálculo al diseño permitió precisar la posición del C.G. En 1771 Jorge Juan idea una experiencia de estabilidad que, en lo esencial, es la misma que hacemos hoy a los buques.



Un requisito importante en el diseño de las cubiertas y de los accesos entre ellas era el de poder mantener el flujo de los miembros de la dotación, que durante el combate tenían que abastecer las piezas de pólvora desde la santabárbara, ya que, como se indicó, no se permitía la acumulación de cartuchos de pólvora en las cubiertas.

Las condiciones de habitabilidad estaban subordinadas a la capacidad de combate del buque. Toda la distribución interior esta supeditada a lograr el máximo espacio para instalar cañones. Llama particularmente la atención que incluso Nelson dormía con su cabeza al lado de un cañón.

Desde que en 1674 Colbert aprobase la regulación en la que por primera vez se clasifican los buques según su artillería por rangos –adoptada también por Inglaterra, Holanda y España– y que continuará en vigor hasta el comienzo del siglo XIX, comienzan una serie de experiencias en que se combinan dos y tres puentes con diferentes combinaciones de artillería en busca de la solución óptima entre potencia de fuego, precio y dotación necesaria.

En 1730 Maurepas concluye que la única manera de hacer frente a los ingleses es disponer de buques capaces de desplegarse en cualquier parte del globo, y apuesta decididamente por los buques de dos puentes en las configuraciones de 64, 74 y 80 cañones. El buque de 74 cañones que resulta de esta revisión estratégica no es realmente una novedad en cuanto al número de cañones, ya que la marina francesa ya los venía utilizando; lo que es una novedad es su potencia de fuego. Hasta entonces el buque de 74 cañones estaba armado con 26 bocas de fuego de 24 libras y 28 de 18 libras y otros 20 de calibre ligero. El nuevo 74 incrementaba su potencia de fuego en cuanto a artillería pesada de manera considerable con 28 cañones de 36 libras y 30 de 18 libras. Por primera vez se había conseguido un diseño de buque de dos puentes capaz de enfrentarse de igual a igual a los buques de tres puentes.

El buque de 74 cañones, que resultó ser el compromiso óptimo entre los distintos requisitos operativos, fue adoptado por Inglaterra y España y se fue perfeccionando a lo largo del siglo, llegando a ser el buque estándar de línea al final del siglo; de hecho la mayoría de los buques que participan en Trafalgar pertenecían a ese tipo.