

DIFUNDIENDO EL PATRIMONIO BIBLIOGRÁFICO DE LA ARMADA

JUAN Y SANTICILIA, Jorge

*Exámen marítimo theórico práctico o Tratado de mechanica aplicado á la construccion
conocimiento y manejo de los navíos y demás embarcaciones*

Madrid: En la Imprenta de D. Francisco Manuel de Mena, 1771 (2 vol.).

BMN: 9432-9433

Javier Sierra Horcajadas

Facultad de Humanidades y Ciencias de la Comunicación.

Universidad San Pablo-CEU

Coordinado por: Dra. Carmen Torres López. Directora Pedagógica, Jefe del Servicio Educativo y Cultural (SEC) del Instituto de Historia y Cultura Naval (IHCN)

EL EXAMEN MARITIMO DE JORGE JUAN
UN ANÁLISIS HISTORIOGRÁFICO

POR

Javier Sierra Horcajadas

Facultad de Humanidades y Ciencias de la Comunicación.

Universidad San Pablo-CEU

Resumen.

Contra todo pronóstico, el siglo XVIII fue uno de los momentos de mayor esplendor de la Armada española. Esto fue posible gracias al impulso de reyes como Felipe V o Fernando VI y la gestión de ministros como Patiño o Ensenada. Fue un siglo de grandes transformaciones en España, en el que se sucedieron cuatro sistemas de construcción naval distintos, con los que se fue pasando progresivamente del “arte” de navegar a la “ciencia” de la navegación. Para ello fue decisiva la aportación de Jorge Juan en el campo de la construcción y la ingeniería naval, la cual culminó con la publicación de su *Examen Marítimo* en 1771.

Palabras clave.

Jorge Juan, Construcción naval, *Examen Marítimo*, Siglo XVIII, Ilustración, Real Armada, Navío de línea.

Desde el punto de vista cultural, el siglo XVIII supuso el despegue de la Ilustración en España¹, produciéndose uno de los movimientos culturales y científicos más importantes de su historia, en el que la Marina tuvo un papel protagonista y se situó a la vanguardia del desarrollo científico y tecnológico del país; desde el punto de vista político, el siglo XVIII trajo consigo el relevo dinástico: tras la muerte sin descendencia de Carlos II, Felipe V se convierte en el primer rey Borbón de España. Con la nueva dinastía llegaría también la vocación reformadora propia del espíritu ilustrado, lo que se tradujo en el ámbito político en la tendencia al absolutismo, que acabaría convirtiéndose en un despotismo ilustrado en el que el rey se presenta como un servidor del Estado, sin que eso signifique la limitación de sus poderes.

¹ Véase: FUENTES ARAGONÉS, J. F.: “Luces y Sombras en la ilustración española”, *Revista de educación*, nº Extraordinario, 1, 1988, pp. 9-27; VILLAS TINOCO, S. L.: “Pero... ¿Hubo una Ilustración en España?”, *Boletín de la Academia Malagueña de Ciencias*, 16, 2014, pp. 59-70.

NUESTRO PERSONAJE: JORGE JUAN Y SANTACILIA.

Es en este momento histórico, con la nueva dinastía recién llegada, cuando nace Jorge Juan y Santacilia: el 5 de enero de 1713 en la localidad alicantina de Novelda, en el seno de una familia de la pequeña nobleza. Al quedar huérfano a temprana edad, su tío y tutor, Cipriano Juan, propició su ingreso en la Orden de Malta, de la que era caballero. Con apenas 12 años, admitido como paje del gran maestre, fue enviado a Malta, en donde pasaría cerca de cuatro años. Como señalan Die y Alberola², fue allí, en el desempeño de las obligatorias campañas navales, donde entró en contacto con el mar y la navegación, adquiriendo la experiencia militar y los conocimientos náuticos que le movieron a regresar a España en 1729 y solicitar el ingreso en la Real Compañía de Guardias Marinas, establecida en Cádiz en 1717 por el intendente Patiño para formar a los futuros oficiales de la Armada. Durante cuatro años compaginó el estudio en la Academia con diversas misiones navales en el Mediterráneo, como la Campaña de Orán en 1732, a bordo del navío *Castilla* bajo el mando del futuro marqués de la Victoria, Juan José Navarro, y la escolta a Nápoles del futuro rey Carlos III.

Jorge Juan destacó entre sus compañeros por su notable adelantamiento en los estudios de matemáticas y astronomía, así como por su experiencia y capacitación, lo que le hizo ser elegido con tan solo 21 años, junto con el también guardia marina Antonio de Ulloa, para formar parte en la expedición científica al Virreinato del Perú, que, patrocinada por la Academia de Ciencias de París, iba a medir el grado de un arco del meridiano por debajo de la línea del ecuador³. Durante los once años que duró la expedición, además de su trabajo científico, Jorge Juan y Antonio de Ulloa redactaron valiosos informes sobre diversas cuestiones políticas y militares relativas al virreinato de Perú⁴. A su regreso a Europa, Jorge Juan fue aceptado como miembro por la Academia de Ciencias francesa, la Real Sociedad de Londres y la Academia de Ciencias de Berlín.

Una vez en España, Zenón de Somodevilla y Bengoechea (1702-1781), marqués de la Ensenada, secretario de Hacienda, Guerra, Marina e Indias, le envió a Londres en 1748 en misión de

² ALBEROLA ROMÁ, A., DIE MACULET, R.: "Jorge Juan Santacilia. Síntesis de una vida al servicio del Estado", *Revista General de Marina*, vol. 265, 2013, p. 230.

³ Ambos tuvieron que ser ascendidos a tenientes de navío para presentarse ante los franceses con una cierta graduación militar. A pesar de su juventud, ambos tenían una importante experiencia en la mar y una gran preparación científica. "La empresa en la que participaron [Jorge Juan y Ulloa] junto con Louis Godin, Charles Marie de La Condamine y otros eminentes científicos franceses [Pierre Bouguer], ha sido calificada como la más importante llevada a cabo por la ciencia hispana durante la primera mitad del siglo XVIII". ALBEROLA ROMÁ, A.: "La publicación del *Examen Marítimo* y la reedición de las *Observaciones Astronómicas*. Las dificultades de un científico en la España del siglo XVIII", *Canelobre: Revista del Instituto Alicantino de Cultura "Juan Gil-Albert"*, 51, 2006, p. 179. La expedición sirvió para confirmar la tesis de Newton: la Tierra es una esfera achatada por los polos.

⁴ En 1748 publicaron de manera conjunta *Observaciones astronómicas y Physicas hechas por orden de SM en los reynos del Perú y Relación histórica del viaje a la América meridional*, en 1749 *Dissertación Historica y Geographica sobre el Meridiano de Demarcación entre los Dominios de España y Portugal*, y en 1750 *Discurso y Reflexiones políticas sobre el estado presente de los Reinos del Perú*.

espionaje naval e industrial⁵, con el objetivo de apropiarse de los conocimientos necesarios para llevar a cabo su ambicioso proyecto de renovación de la Armada. Allí, logró la contratación de un amplio grupo de constructores y ayudantes ingleses, que se distribuyeron por los arsenales peninsulares. A su vuelta en 1750, Ensenada le encargó el fomento y la modernización de la construcción naval, instaurándose su método, basado en el “inglés” pero que corregía algunos defectos, así como la dirección de las obras de los astilleros y arsenales de Cádiz, Cartagena y Ferrol. En 1751 fue nombrado capitán de la Compañía de Guardias Marinas de Cádiz, que reorganizó, renovando el profesorado y aumentando el número de alumnos, y modificó los planes de estudio con el fin de mejorar la formación teórica y científica de los futuros oficiales. En 1757 publicó *Compendio de Navegación para el uso de los Cavalleros Guardias-Marinas*, concebido como libro de texto para sustituir el dictado y copiado de las lecciones.

Verdadero marino ilustrado, destacó en muy diversas áreas de actividad, realizando comisiones en campos como la minería, la hidráulica o la siderurgia. Entre sus muchos logros destacan la creación en 1753 del Observatorio Astronómico de Cádiz junto a su excompañero de expedición Louis Godin, la fundación de la asamblea Amistoso-Literaria en 1755, el éxito de su embajada extraordinaria en Marruecos en 1767, o su nombramiento como director del Seminario de Nobles en 1770; todo ello culminado con la publicación en 1771 de su obra magna, el *Examen Marítimo*. Con su prematuro fallecimiento en 1773, la ciencia y el Estado españoles perdieron uno de sus mejores hombres. Así lo reflejó Francisco Xavier Rovira en la dedicatoria de su *Tratado de Artillería*⁶, publicado ese mismo año:

“El amor que desde sus primeros años profesó a las Ciencias el Excmo. Sr. D. Jorge Juan y el celo con que, promoviéndolas en todos tiempos, procuró el bien del Estado y la gloria de la Nación, lo acreditan las *Observaciones Físicas y Matemáticas* hechas por orden de S. M. en el reino del Perú; el *Compendio de Navegación*, para el uso de esta Academia; y, más que todo, el *Examen Marítimo Teórico Práctico*; obras todas de la mayor utilidad, que dio S. E. a luz a expensas de su misma apreciable vida y en medio de otras muchas comisiones importantes al servicio de la Corona... Con su muerte perdí yo un mecenas tan poderoso y perdió España toda uno de los primeros matemáticos de Europa y de los más elevados ingenios de este siglo, cuyas utilísimas producciones tanto podían ilustrar a la nación y, con particularidad, a la Marina”.

⁵ Para un mayor análisis de la misión en Londres: MORALES HERNÁNDEZ, J. L.: “Jorge Juan en Londres”, *Revista General de Marina*, 184, 1973, pp. 663-670; y LAFUENTE, A., y PESET, J. L.: “Política científica y espionaje industrial en los viajes de Jorge Juan y Antonio de Ulloa (1748-1751)”, *Mélanges de la Casa de Velázquez*, XVII, 1981, pp. 233-261.

⁶ ROVIRA, F. X.: *Tratado de Artillería para el uso de los Cavalleros Guardias-Marinas en su Academia* [...]. *Dedicado a la inmortal memoria del Excmo. Sr. D. Jorge Juan, tomo primero*. Cádiz: En la imprenta de la misma Academia, 1773, pp. 2-2v.

EL FOMENTO DE LA ARMADA EN EL SIGLO XVIII.

Aunque tras la Guerra de Sucesión y la firma del Tratado de Utrecht la Monarquía Hispánica había perdido los territorios europeos, aún conservaba prácticamente la totalidad de las Indias. Con esto se explica que una de las principales preocupaciones de los Borbones de la Ilustración fuera restaurar el poderío marítimo de antaño⁷. Sin llegar a pretender la hegemonía (pues España no contaba con el vigor económico y demográfico de Inglaterra o Francia), los principales objetivos eran garantizar la defensa de las costas, la salvaguarda de las conexiones con los territorios de ultramar y el juego de alianzas internacionales⁸.

Sin embargo, tras el declive de la dinastía de los Austrias y los estragos de la Guerra de Sucesión, España carecía prácticamente de fuerza naval; a principios de siglo Felipe V disponía de un número muy reducido de buques⁹ que además no contaban con un mando único, lo que dificultaba la acción conjunta y la gestión de unos recursos ya de por sí limitados. De la Piñera y Thial¹⁰ añaden las siguientes dificultades: la carencia de verdaderas bases de apoyo logístico para la construcción, mantenimiento y aprovisionamiento de los buques, el abastecimiento de jarcias, arboladura, y lonas para el velamen, de los que España era deficitaria, dependía de los mercados exteriores, y los serios problemas en el reclutamiento de personal, tanto de oficiales como de marineros.

A pesar de todo, Felipe V logrará revertir la situación, y sentará las bases para que el XVIII sea uno de los siglos de mayor esplendor de la Armada española. Desde la Secretaría de Marina, con figuras como Patiño o Ensenada, se impulsó un completo programa naval que abarcó desde la formación científica de los oficiales hasta la creación de una importante infraestructura institucional¹¹.

⁷ “Recordemos que durante el Siglo de las Luces España vivió en perpetuo estado de guerra (...) La inmensa mayoría de las guerras fueron marítimas, y en contra de lo proclamado por la propaganda anglosajona, España no resultó perdedora en todas pues, de haber sido así, no habría podido mantener, prácticamente intacto, su extenso imperio ultramarino. Alguna victoria debió de obtener, o quizás los triunfos del enemigo no fueron tan contundentes como rezaba su propaganda y muchos españoles han creído”. JUAN Y FERRAGUT, M.: “Jorge Juan: su misión en Londres y la Construcción Naval española”, *FerrolAnálisis: revista de pensamiento y cultura*, 28, 2013, p. 93.

⁸ TORRES LÓPEZ, C.: “La enseñanza naval. Tres siglos formando marineros”, *Cuadernos monográficos, Jornadas culturales 2017-2019*, I, Orden de San Clemente y San Fernando de Sevilla, 2020, p. 16.

⁹ A principios de siglo Felipe V solo pudo disponer de cinco navíos de su propiedad, de los cuales tres fueron comprados. De hecho, el comercio con los territorios ultramarinos se mantuvo gracias a la colaboración de la armada francesa, que escoltó los convoyes de la Carrera de Indias a cambio de ciertos beneficios comerciales. VALDEZ-BUBNOV, I.: “Navíos para un imperio global: la construcción naval y la Matrícula de Mar en España, América y Filipinas durante el largo siglo XVIII (1670-1834)”, *Espacio, tiempo y forma. Serie IV, Historia moderna*, 32, 2019, p. 133.

¹⁰ DE LA PIÑERA Y RIVAS, A. y THIAL BOISIÈRE, J.: “La construcción naval en España durante el siglo XVIII”, *Revista de Historia Naval*, 79, 2002, p. 18.

¹¹ TORRES LÓPEZ, C.: *La historia desde el mar. El siglo XVIII español*. Madrid: Órgano de Historia y Cultura Naval/ Centro de Ayudas a la Enseñanza de la Armada (CAE), 2014, p. 16.

Ya desde 1713, los principales astilleros de la Península Ibérica (Guarnizo, Zorroza, Orio, Pasajes, Rentería y San Feliú de Guixols) comenzaron a producir nuevas series de navíos bajo la dirección de Antonio de Gaztañeta¹² con el objetivo de servir a la política exterior expansiva del nuevo monarca, que pretendía recuperar los territorios perdidos en el Mediterráneo tras el Tratado de Utrecht¹³.

En estos años se tomaron una serie de medidas cuya finalidad fue la modernización y el impulso de la fuerza naval. En primer lugar, en 1714 se decretó la creación de la Real Armada, en la que se aglutinan, con muy pocas excepciones¹⁴, todas las fuerzas navales a cargo y al servicio del Estado¹⁵.

Unos años más tarde, en 1717, con José Patiño como Intendente General de Marina (cargo que llevaba asociada la presidencia de la Casa de Contratación), se estableció una estructura administrativa bimembre similar a la francesa. Por un lado, se establece el Cuerpo General, con los oficiales destinados al mando de los navíos (y que desde ese año recibirían una formación tanto náutica como científica en la nueva Academia de Guardias Marinas de Cádiz¹⁶), y por otro, el Cuerpo de Ministerio¹⁷, con los oficiales encargados de la gestión económica, contaduría y aprovisionamiento tanto a bordo de los buques como en los puertos y astilleros reales. Además,

¹² Antonio Gaztañeta Iturribalzaga (1657-1728), marino y constructor, superintendente de los astilleros de Cantabria (1702). Sus pautas sobre dimensiones y diseños de navíos de 60 cañones fueron las seguidas para la construcción naval entre 1716 y 1717 en los astilleros de Guarnizo y Pasajes. Dado el buen resultado, publicó en 1720 su obra *Proporciones más esenciales para la fábrica de navíos y fragatas*, que aplicada por real Orden, sirvió de norma para la construcción naval hasta 1752.

¹³ Relacionado con esto, puede resultar interesante el artículo de Ferré y Moscoso sobre el papel que jugó el corso en la nueva política exterior de Felipe V: FERRÉ I GISPETS, D. y MOSCOSO GONZÁLEZ, R.: "Por el beneficio... y el Real Servicio. El corso hispano en la estrategia mediterránea de Felipe V (1714-17469), *Drassana. Revista del Museu Marítim de Barcelona*, 27, 2019, pp. 42-54.

¹⁴ VV. AA.: *Historia de la Armada. Páginas de la historia de España escritas en la mar*, Madrid: Ministerio de Defensa, Secretaría General Técnica, 2020, p. 122. Valdez-Bubnov añade que "la Armada de Barlovento y la Armada del Mar del Sur continuaron vigentes hasta fines de la década de 1740, aunque con niveles de fuerza fluctuantes y relativamente reducidos." VALDEZ-BUBNOV, 2019, p. 135.

¹⁵ La marina de los Austrias había sido un conjunto heterogéneo, que incluía buques propiedad de la Corona y otros arrendados. Estaba estructurada en torno a un pequeño número de armadas permanentes, complementadas por escuadras de los diferentes reinos de la Monarquía o de particulares. Estas armadas eran: del océano, de la guardia del Estrecho, de la guardia de la Carrera de Indias, de la Avería, de Barlovento, de la Mar del Sur y de Filipinas, de Cataluña, de Flandes, de Nápoles de Portugal, y además, la flota de Nueva España y los galeones de Tierra Firme. TORRES LÓPEZ, 2014, p. 8. De la Piñera y Thial (2002, p. 18) agrupan las escuadras de galeras de España, Nápoles, Sicilia y Génova bajo el nombre de Armada de Galeras del Mediterráneo.

¹⁶ Para un mayor análisis sobre la creación de la Academia de Caballeros Guardias Marinas: TORRES LÓPEZ, C.: "La enseñanza naval. Tres siglos formando marinos", *Cuadernos monográficos, Jornadas culturales 2017-2019*, I, Orden de San Clemente y San Fernando de Sevilla, 2020, pp. 15-49.

¹⁷ El Cuerpo del Ministerio se corresponde con el actual Cuerpo de Intendencia de la Armada. Para un análisis en profundidad sobre el desempeño del Cuerpo del Ministerio: PÉREZ FERNÁNDEZ-TURÉGANO, C.: "La Hacienda de Marina en la política naval del primer tercio del siglo XVIII". En MARTÍNEZ PEÑAS, L. y FERNÁNDEZ RODRÍGUEZ, M. (coords.): *De las Navas de Tolosa a la Constitución de Cádiz: el Ejército y la guerra en la construcción del Estado*, Asociación Veritas para el Estudio de la Historia, el Derecho y de las Instituciones, 2012, pp. 251-278.

se trasladó la Casa de Contratación de Sevilla a Cádiz, lo que supuso una toma de partido por parte del Gobierno de Felipe V en la centenaria rivalidad entre ambas ciudades¹⁸.

También se crearán en Cádiz, en el seno de la Armada, una serie de instituciones y centros de estudio en el campo de la ciencia aplicada¹⁹, como la Real Compañía y Academia de Caballeros Guardias Marinas (1717), el Colegio de Cirugía para cirujanos de la Armada (1748), el Observatorio Astronómico (1753), la Escuela de Ingenieros de Marina (1772), o el Depósito Hidrográfico (1770).

El objetivo de Patiño, nombrado Secretario de Marina e Indias en 1726, era desarrollar un programa naval centralizado, cuyo eje geográfico fuese Cádiz (y otras zonas como la costa vasco-cántabra y gallega)²⁰, concentrando tanto la construcción naval como la producción de materiales estratégicos en una vasta infraestructura portuaria de carácter permanente, financiada y administrada directamente por el Estado²¹. Con este fin se crearon este mismo año los Departamentos de Marina. Sus capitales (Cádiz —cuyo capitán general²² ejercería además la Dirección General de la Real Armada, El Ferrol y Cartagena) debían contar con fortificaciones y arsenales, es los que se fabricarían tanto los navíos, en series estandarizadas, como los pertrechos necesarios para su mantenimiento. Así pues, los arsenales se convertirán en el eje de la marina²³, ya que no solo era importante la construcción del buque en sí, sino también su mantenimiento, carenado y reposición de piezas o arboladuras una vez en servicio.

¹⁸ VALDEZ-BUBNOV, 2019, p. 136. Para un análisis en profundidad de este proceso: CRESPO SOLANA, A.: “La intendencia de marina y el «gobierno de la contratación». El sueño naval de José Patiño y Rosales (1717-1736)”, *Studia historica. Historia moderna*, vol. 39, 2, Universidad de Salamanca, 2017, pp. 75-114; GIRARD, A.: *La rivalidad comercial y marítima entre Sevilla y Cádiz hasta finales del siglo XVIII*, Sevilla: Editorial Renacimiento, 2006.

¹⁹ Juan y Ferragut sostiene que los gobiernos borbónicos quisieron implantar una cultura preferentemente técnica y utilitaria, pero se encontraron con unas universidades inoperantes y arcaicas, aferradas a la tradición escolástica y reticentes a la modernización de las enseñanzas que se pretendía. Esto provocó que en la España ilustrada los principales ejes de la reforma educativa y del desarrollo científico y tecnológico pasasen a ser la Armada y el Ejército. JUAN Y FERRAGUT, 2013, p.92.

²⁰ CRESPO SOLANA, 2017, p. 110.

²¹ VALDEZ-BUBNOV, 2019, pp. 136-137.

²² Los capitanes generales de los departamentos tenían jurisdicción sobre todos los asuntos marítimos en el territorio que les correspondía: marinas mercante y pesquera, industrias marítimas, matriculas de mar y tercios marítimos. VV. AA., 2020, p. 136.

²³ Aquí nos parece necesario puntualizar, siguiendo a Valdez-Bubnov, que la construcción de navíos en serie por administración directa que Patiño esperaba lograr en las capitales departamentales era una posibilidad todavía distante en el futuro, ya que los principales centros de construcción continuaron siendo los astilleros del norte de la península durante la primera mitad del siglo XVIII. VALDEZ-BUBNOV, 2019, pp. 137-138. Como veremos más adelante, los arsenales departamentales no acabarán de despegar hasta la llegada del marqués de la Ensenada.

LA CONSTRUCCIÓN NAVAL.

En el siglo XVIII la construcción de navíos de combate suponía uno de los principales exponentes de la capacidad industrial y económica y del desarrollo científico y tecnológico de un país²⁴.

Durante el siglo XVII fueron las escuelas inglesa y francesa las que estuvieron a la vanguardia de la construcción naval, y en la segunda mitad de la centuria sus buques fueron evolucionando hacia un nuevo concepto: el navío de línea²⁵, buque adaptado a las nuevas tácticas del combate naval y que dejó desfasado al galeón²⁶.

En España, desde principios del XVII se construía un tipo de buque destinado a una misión estratégica concreta, que no era el dominio de los mares, sino la defensa de las comunicaciones con los territorios ultramarinos²⁷. Esta línea de construcción se mantuvo hasta mediados del XVIII, con buques de 60 cañones que eran aptos para la protección de las flotas mercantes de la Carrera de Indias y para despejar las costas de piratas, pero que no podían hacer frente a los nuevos navíos de guerra de entre 70 y 100 cañones desarrollados por Inglaterra, Francia y Holanda.

A lo largo del siglo XVII se aumentaron progresivamente los tonelajes de los galeones españoles²⁸, hasta alcanzar las proporciones de lo que en el siglo siguiente serían los navíos de línea. Sin embargo, las técnicas constructivas evolucionaron relativamente poco.

Frente a esta estabilidad del XVII en lo que a construcción naval se refiere, el XVIII fue un siglo de grandes transformaciones en España, en el que se sucedieron, y en ocasiones se solaparon,

²⁴ SAN JUAN, V.: "Jorge Juan y la construcción naval española en el siglo XVIII", *Dendra médica. Revista de humanidades*, vol. 14, 2, 2015, p. 241.

²⁵ Se le llamó "de línea" por la táctica seguida en las escuadras, en la que los navíos se alineaban los unos detrás de los otros para que toda la artillería de una de las bandas pudieran disparar simultáneamente contra la flota enemiga. Nació de la evolución del galeón español: con mayor eslora, menos altura de obra muerta, especialmente en el castillo de popa, y con una distribución interna caracterizada por una cubierta corrida de proa a popa, donde iba instalada la batería de cañones con portas al costado. El aparejo estaba formado por bauprés y tres mástiles verticales: de proa a popa, trinquete, mayor y mesana.

²⁶ En España, las necesidades de carga y el tipo de tráfico marítimo que imponía la Carrera de Indias favorecieron que el galeón perdurase hasta el primer cuarto del siglo XVIII.

²⁷ JUAN Y FERRAGUT, 2013, p. 98.

²⁸ En relación con esto y la rivalidad entre Sevilla y Cádiz anteriormente mencionada, nos parece interesante citar a Hormaechea aquí: "la cuestión técnica del diseño de buques adquirió una importancia crucial ya que el hecho de superar un determinado calado implicaba automáticamente que no podrían pasar la barra de Sanlúcar y se verían forzados a utilizar el puerto de Cádiz. Los partidarios de Sevilla defendían la construcción de buques de poco calado, aptos para el comercio y para la guerra, en tanto que los partidarios de Cádiz propugnaban utilizar grandes buques sin tener que atenerse a estas limitaciones". HORMAECHEA ARENAZA, C.: *La barra de Sanlúcar y el diseño del gálibo maestro en la obra de Antonio Gaztañeta*, AAMMB, 2014, p. 1. Recuperado de: Documentos descargables – aammb – Asociación de Amigos del Museo Marítimo de Barcelona

cuatro sistemas constructivos distintos, con los que se fue pasando progresivamente de los métodos empíricos y las tradiciones a la aplicación sistemática de los conocimientos científicos.

Así pues, siguiendo a De la Piñera y Thial²⁹, podemos distinguir cuatro etapas en la construcción naval española del siglo XVIII:

- Primer periodo: de comienzos de siglo hasta 1749. Prevalece el sistema de construcción “a la española”, cuyos artífices fueron Gaztañeta y sus sucesores los franceses Ciprián Autrán y Pedro Boyer. Los principales secretarios del Despacho de Marina de esta etapa fueron Tinajero (1714-1717), Patiño (1726-1736) y Campillo (1741-1743).
- Segundo periodo: de 1750 a 1765. Se da paso a un sistema “a la inglesa” establecido por Jorge Juan y continuado por los constructores ingleses contratados por este en Londres, entre los que destacamos a Ricardo Rooth, Eduardo Bryant, Mateo Mullan y David Howell³⁰. Los secretarios de Marina más destacados fueron el marqués de la Ensenada (1743-1754) y Arriaga (1754-1776).
- Tercer periodo: de 1765 a 1782. Sistema “a la francesa” establecido por Gautier, quien en 1770 será el inspirador del Cuerpo de Ingenieros de Marina. Durante este periodo la Armada estuvo dirigida por Arriaga (1754-1776) y Castejón (1776-1783).
- Cuarto periodo: de 1783 a 1799. El ingeniero general de Marina Romero de Landa desarrolla un sistema mixto entre los dos anteriores, tomando las virtudes de cada uno. Este sistema sería a su vez perfeccionado más tarde por Martín de Retamosa. Corresponde al ministerio de Antonio Valdés (1783-1795), principalmente.

Sistema Gaztañeta.

Un antecedente del paso del galeón al navío de línea fue Francisco Antonio Garrote, con la publicación en 1691 de su *Recopilación para la nueva fábrica de bajeles españoles*, considerado por Fernández Duro el mejor y más completo tratado de construcción naval del XVII.

Hasta mediados del XVIII la construcción naval, basada en métodos artesanales, tenía más de arte y experiencia que de reflexión científica. A principios de este siglo empezaron a publicarse las normas surgidas a partir de la observación práctica transmitida de generación en generación, pero aún no se aplicaban los avances en matemáticas y física. El propio Gaztañeta, aunque buen matemático, sostenía que逼近arse a la construcción naval únicamente mediante cálculos era insuficiente, y que era imprescindible la observación práctica; “En la matemática —escribía—

²⁹ DE LA PIÑERA Y THIAL, 2002, p. 19. Las fechas son orientativas, pues los sistemas se solaparon.

³⁰ Para un estudio de la presencia de constructores ingleses en los astilleros españoles: VALOR BRAVO, D. y SERRANO RUIZ-CALDERÓN, A.: “Jorge Juan y los ingenieros navales ingleses”. En *Jorge Juan y la ciencia ilustrada*, Centro Virtual Cervantes. Recuperado de: [CVC. Jorge Juan y la ciencia ilustrada. Jorge Juan y los ingenieros navales ingleses. \(cervantes.es\)](http://cvc.jorgejuanylacienciailustrada.jorgejuanylosingenierosnavalesingleses.cervantes.es)

son poco argumento las sutilezas teóricas contra lo demostrable de la experiencia; en la náutica la experiencia es lo más fuerte”³¹. En este contexto se enmarcan sus obras³² *Proporción de Medidas Arregladas a la Construcción de un Bajel de Guerra de Setenta Codos de Quilla* (1712), que sentó las bases y el método para las nuevas construcciones, y la posterior *Proporciones de las medidas más esenciales para la fábrica de navíos y fragatas de guerra* (1720), que fue vital para unificar los proyectos y planos de los buques de la Real Armada, y que aplicada por Real Cédula sirvió de pauta para la construcción naval hasta 1752.

Tras el fallecimiento de Gaztañeta en 1728, sus discípulos Ciprián Autrán y Pedro Boyer³³ continuaron su estilo aunque introduciendo mejoras de influencia francesa³⁴. Autrán diseñó navíos de unas dimensiones mayores que el “modelo estándar” de su antecesor, que contaba entre 60 y 64 cañones. Mención especial merece el *Real Felipe*³⁵, primer navío español de tres puentes, que con sus 114 cañones fue el buque insignia del teniente general Juan José Navarro en la Batalla de Cabo Sicié³⁶ (1744). También los gemelos *Rayo* y *Fénix*, de 80 cañones originalmente³⁷, fabricados en el astillero de La Habana y botados en 1749. Valor y Serrano sostienen que la construcción de esta pareja es la prueba de que el sistema español había mejorado notablemente; sus prestaciones superaban incluso a las de los mejores navíos ingleses, como las autoridades británicas pondrían de manifiesto³⁸. Para San Juan³⁹, el hecho de que ambos pasaran la frontera decimonónica, prestando servicio durante más de medio siglo, es reflejo de la gran calidad constructiva a la que llegó el sistema español.

³¹ Cita recogida en DE LA PIÑERA Y THIAL, 2002, p. 23.

³² Para un completo análisis de las obras de Gaztañeta: HORMAECHEA ARENAZA, C.: *La barra de Sanlúcar y el diseño del gálibo maestro en la obra de Antonio Gaztañeta*, AAMMB, 2014.

³³ “Fue en la batalla del Cabo Passaro en 1718, cuando Gaztañeta pudo comprobar la pericia y los conocimientos de Ciprián Autrán al reparar con destreza y rapidez los daños causados en el navío *Real Felipe*, buque capitana de la escuadra y posteriormente, cuando volvió a los astilleros cántabros, llevó con él a Autrán y Boyer, que acabaron siguiendo al teniente general a Guarnizo.” SÁNCHEZ CARRIÓN, *Construcción Naval 1750-1754 (1). Evolución de los Sistemas Constructivos*. Recuperado de: [Fundación Ingeniero Jorge Juan](#)

³⁴ La mejor descripción del sistema “a la española” de Gaztañeta la encontramos en el *Diccionario de arquitectura naval* que, de 1719 a 1756, redactó y dibujó Juan José Navarro, marqués de la Victoria, verdadero monumento iconográfico y descriptivo, indispensable para conocer todos los aspectos de la construcción y apoyo a los navíos del siglo XVIII.

³⁵ Para más información sobre la historia de este navío: GONZÁLEZ-ALLER HIERRO, J. I.: “Navío *Real Felipe*”, *Revista de Historia Naval*, 14, 1986, pp. 47-52.

³⁶ Para un repaso de la batalla y el desempeño del *Real Felipe* en ella: *Op. Cit.*

³⁷ El *Rayo*, casi al final de su vida, fue transformado en un tres puentes de 100 cañones. “Esto le aumentó el calado, le redujo andar, y lo hizo menos bolinero, tal como se evidenció en Trafalgar, donde sucumbió al estrellarse en la costa a causa del temporal que se desencadenó después del combate, cuando había sobrepasado los cincuenta y siete años de vida.” JUAN Y FERRAGUT, 2013, p. 99. Por su parte, el *Fénix* fue capturado por los ingleses en 1780, quienes lo rebautizaron, en un alarde de simpatía, como *Gibraltar*.

³⁸ VALOR y SERRANO, *Jorge Juan y los ingenieros navales ingleses*.

³⁹ SAN JUAN, “Jorge Juan y la construcción naval española en el siglo XVIII”, 2015, p. 242.

Finalmente, cabe destacar el caso del navío *Princesa*, de 70 cañones, que fue capturado en 1740 por tres buques ingleses de su mismo porte, pero tan solo después de un largo combate en el que dejó malparados a sus oponentes. Sus cualidades de diseño y combate llamaron la atención de la Royal Navy, que adoptó sus innovaciones para la construcción de los navíos de tres puentes y 100 cañones *Royal George* (1715), *Britannia* (1762), e incluso el famoso *Victory*⁴⁰ (1765), buque insignia del almirante Nelson en Trafalgar. De esto se deduce que el sistema inglés que fue investigado por Jorge Juan *in situ* era en realidad un híbrido, una evolución del español. Con respecto a esto, González-Aller Hierro afirma: “es asombroso comprobar que mientras Jorge Juan estudiaba con ahínco a los ingleses, éstos, a la vista del *Princesa*, desarrollaban un tipo de navío mejorado que no era sino una copia agrandada del español.”⁴¹ Aquí nos parece interesante puntualizar, en la línea de Juan y Ferragut⁴², que las cuatro grandes potencias navales del siglo XVIII trataron en todo momento de adoptar las mejoras que sus competidoras introducían en el campo de la construcción naval, por lo que es difícil hablar de sistemas nacionales propios.

Sus virtudes y sus defectos.

Gaztañeta introdujo el primer sistema racional de construcción de buques, con el que poco a poco en España, en lugar de hacer un plano para cada barco, se pasó a construirlos según el plano de alguien prestigioso, cuyos diseños habían demostrado cualidades dignas de ser imitadas.

No obstante, los buques de este sistema “a la española” sufrían los defectos propios de la época, derivados de basarse en prácticas empíricas más que en principios matemáticos y físicos⁴³. Los defectos que más comúnmente se les achacan son: una relación eslora/manga exagerada, lo que producía quebranto⁴⁴ en las embarcaciones; falta de solidez en las ligazones, lo que conllevaba continuas carenas y reparaciones y reducía la vida útil del buque; una arboladura excesiva para mover cascos tan pesados; la falta de potencia de fuego, con una artillería de menor calibre que la de sus contemporáneos o el excesivo lanzamiento de popa y proa⁴⁵.

⁴⁰ DE LA PIÑERA Y THIAL, 2002, p. 24.

⁴¹ GONZÁLEZ-ALLER HIERRO, J. I.: “El navío de tres puentes en la Armada española”, *Revista de Historia Naval*, 9, 1985, p. 55.

⁴² JUAN Y FERRAGUT, M.: “Los sistemas de construcción naval y el combate de Trafalgar”, *Revista General de Marina*, vol. 279, 2020, p. 341.

⁴³ JUAN Y FERRAGUT, 2013, p. 99.

⁴⁴ Lo alargado de los buques los exponía a soportar grandes tensiones en los momentos en los que se encontraban en la cresta de las olas, en cuyo caso tendían a arquearse o abrirse por la parte alta, mientras que cuando se encontraban en el seno de estas quedaban suspendidos por sus extremidades, produciéndose el efecto contrario. ARTIÑANO Y GALDÁCANO, G.: *La arquitectura naval española (en madera). Bosquejo de sus condiciones y rasgos de su evolución*, Barcelona: Oliva de Vilanova, 1920, p. 223.

⁴⁵ Lanzamiento: distancia en que se prolongan los extremos de popa y proa sobre la línea de flotación.

Por otro lado, se ha alabado su resistencia en combate⁴⁶; su maniobrabilidad incluso con mal tiempo, pudiendo soportar las agitadas aguas del Cantábrico y los huracanes de las Antillas; su capacidad de virar por proa⁴⁷; que navegaban bien de bolina⁴⁸; que la batería baja estuviera bien floreada⁴⁹ aun con el navío cargado. Con respecto a las bondades del sistema español, González-Aller afirma que estaba comprobado que un navío español de dos puentes y 74 cañones era más estable y resistente que un británico de características similares, y considera que Ensenada se equivocó en su decisión de copiar el sistema inglés, pues “traicionó nuestra esencia secular en la construcción naval y despreció una técnica ancestral muy importante, que debió conservar aun siendo modernizada. (...) Jorge Juan se podía haber encargado de reformar nuestros sistemas partiendo de Gaztañeta y no de los ingleses”⁵⁰. A lo que Blanco Núñez responde: “el razonamiento del muy afrancesado Ministro, quizás simplista, era impecable, ¿quiénes ganan en la mar?: los ingleses, pues vamos a copiarles sus métodos”.

Los navíos del sistema “a la española” de Gaztañeta marcaron una época y sirvieron para que España, con una Armada no muy numerosa pero bien adaptada a su uso y equilibrada, llegase a la mitad del siglo XVIII como una de las tres principales potencias navales, lo que le permitió una resolución positiva para sus intereses de la Guerra del Asiento (1739-1748) con Inglaterra, conservar el vasto imperio ultramarino durante casi un siglo más e incluso hacer que los británicos renunciaran a algunos de los privilegios obtenidos tras el Tratado de Utrecht⁵¹.

Sistema inglés.

En 1746 fallece Felipe V y le sucede su hijo, Fernando VI, quien instaura una política de neutralidad respecto a las otras dos grandes potencias, Francia e Inglaterra. Esta política fue inspirada por el marqués de la Ensenada, que estaba al frente de las secretarías de Guerra, Hacienda, y Marina e Indias desde 1743. Para llevarla a cabo era necesario el desarrollo de una fuerza militar suficiente, por lo que se buscó construir un ejército que, junto al inglés, equilibrara la superioridad francesa; y una Armada que, unida a la francesa, pudiera disputar a Inglaterra el dominio del mar. Ensenada era consciente de la necesidad de renovar la escuadra española tras el esfuerzo realizado en la Guerra del Asiento, y en 1748 escribía al monarca:

⁴⁶ El *Real Felipe*, navío más grande construido según este sistema (tres puentes, 114 cañones) e insignia del teniente general Juan José Navarro, recibió más de 300 impactos en la Batalla de Cabo Sicié (1744) y aún pudo regresar a Cartagena, donde fue desguazado en 1749.

⁴⁷ Virar por proa o virar por avante: acción de cambiar la dirección de un barco hasta que su proa pase por la dirección del viento.

⁴⁸ Navegar a vela contra el viento (hacia barlovento) con el menor ángulo posible.

⁴⁹ Esto quiere decir que se podían abrir las portas y usar la artillería en mares algo agitadas.

⁵⁰ GONZÁLEZ-ALLER HIERRO, 1985, p. 55.

⁵¹ SAN JUAN, “Jorge Juan y la construcción naval española en el siglo XVIII”, 2015, p. 242. Por ejemplo el famoso Buque del Asiento de Negros, que rompía el monopolio español sobre sus territorios al otro lado del océano.

“Señor: sin marina no puede ser respetada la monarquía española, conservar el dominio de sus vastos estados, ni florecer esta Península, centro y corazón de todo. De este innegable principio se deduce que esta parte del gobierno merece la principal atención de S. M.”

Así pues, el ministro ilustrado promoverá una enérgica política de rearmamento naval, con la que se produjo una reorganización⁵² y se cambió el sistema de fabricación de barcos con el fin de solucionar los defectos del sistema Gaztañeta. Se optó por imitar los procedimientos de Inglaterra, la gran potencia naval del momento. Como señala Valle Cabezas, a mediados de siglo, los ingleses construían buques más baratos y eficaces, con piezas estandarizadas de menor tamaño, que se carenaban en diques y necesitaban menos mantenimiento. Además, trazaban planos del buque y sus piezas permitiendo la construcción de series iguales⁵³.

Pero para ello, era necesario obtener los conocimientos necesarios. Así pues, en 1748 Ensenada encomendó a Jorge Juan, recién llegado del Perú, donde, como ya hemos visto, había participado en la expedición científica de la Academia de Ciencias de París para medir el arco de un meridiano, una arriesgada misión de espionaje. Sus órdenes se detallan en la Instrucción Reservada de 27 de octubre de 1748⁵⁴, en la que, entre otros cometidos, se le mandaba inspeccionar los arsenales, estudiar la técnica de construcción naval, conseguir planos de los navíos de la Royal Navy, recolectar información sobre las colonias y fortificaciones inglesas en América, adquirir libros e instrumentos para los Guardias Marinas, y los colegios de Artillería y Cirugía, reclutar constructores ingleses... en definitiva, Jorge Juan debía desempeñar una triple función: espía⁵⁵, cazatalentos y jefe de compras. Jorge Juan logró la contratación de un nutrido grupo de constructores y ayudantes ingleses, unos 80, que se repartieron por las capitales de los departamentos marítimos. A su regreso a Madrid, después de año y medio en Londres, Ensenada le encargó la dirección de las obras de los arsenales departamentales⁵⁶ así como la renovación y

⁵² Ensenada acometió la rehabilitación del arsenal de la Carraca y la construcción de los de Ferrol y Cartagena, así como la ampliación del de La Habana; se trataba con ello de centralizar la construcción naval y fabricar barcos en series bien definidas, con planos garantizados, racionalizando los métodos de construcción. También impulsó la formación del personal, apoyó el desarrollo industrial y publicó diversas ordenanzas. TORRES LÓPEZ, 2014, pp. 16-17.

⁵³ VALLE CABEZAS, J.: “El cambio de construcción en la Armada Española en el siglo XVIII. Del sistema inglés al sistema francés”, *Revista General de Marina*, 279, 2020, p. 299.

⁵⁴ *Instrucción del marqués de la Ensenada a D. Jorge Juan para la Comisión que ha de desempeñar en Inglaterra, de reconocimiento de puertos, y régimen de arsenales, contrato de dos constructores, un maestro de fábrica de jarcia, otro de lonas y otro de instrumentos marítimos. San Lorenzo el Real*, 27 octubre 1748. AMN, Ms. 2162, doc. 2, fols. 2-6.

⁵⁵ Valor y Serrano discrepan de la concepción que tradicionalmente se ha tenido de Jorge Juan como simple espía. Véase VALOR y SERRANO: “Jorge Juan y los ingenieros navales ingleses”. En *Jorge Juan y la ciencia ilustrada*, Centro Virtual Cervantes. Recuperado de: [CVC. Jorge Juan y la ciencia ilustrada. Jorge Juan y los ingenieros navales ingleses. \(cervantes.es\)](http://cvc.cervantes.es/jorge_juan_y_la_ciencia_ilustrada_jorge_juan_y_los_ingenieros_navales_ingleses_cervantes.es)

⁵⁶ Allí introduciría los últimos avances tecnológicos, entre ellos, la construcción de los diques secos de carena, siendo los de Cartagena los primeros que se lograron en el Mediterráneo.

modernización de la construcción naval en España, convirtiéndose en responsable de la implantación del nuevo método.

No obstante, algunos autores dudan de la justificación de este cambio de sistema. Según García-Torralba, las críticas hechas al sistema de Gaztañeta podían tener fundamento en 1720, cuando se redactaron sus *Proposiciones...*, pero ya no tenían sentido en 1745 tras las correcciones introducidas por Autrán, como demuestra la durabilidad de los buques construidos en los últimos 15 años. Además, estudios modernos con modelos matemáticos han demostrado que la construcción tradicional española presentaba ventajas indudables⁵⁷. Recordemos también el caso del *Princesa* antes mencionado, navío que estaba sirviendo de inspiración para la construcción inglesa. Sánchez Carrión afirma que Jorge Juan “no supo apreciar que la construcción naval de los 6 o 7 navíos (...) que vio en el Astillero de Deptford seguían una evolución del método de construcción de Gaztañeta mejorado por Autrán y empleado en los navíos *Princesa* y *Glorioso*”⁵⁸.

Es por esto que, como sostienen varios autores, el cambio no debió estar motivado tanto por la durabilidad o la calidad de los buques, sino más bien por razones económicas e industriales. Al fin y al cabo, para llevar a cabo el ambicioso programa naval propuesto por Ensenada era imprescindible un sistema racional de construcción naval que permitiese el ahorro de materiales y tiempo, lo que se traducía en un menor coste económico y permitía fabricar buques iguales en astilleros diferentes con mayor rapidez y uniformidad.

Sea como fuere, hay que tener en cuenta la siguiente distinción hecha por García-Torralba⁵⁹: por un lado, el diseño de los buques (fase de definición del buque), y por otro, el sistema de construcción de estos, (fase de ejecución de lo proyectado). El primero es el que toman los ingleses del *Princesa* y readapta España parcialmente, olvidando momentáneamente los avances conseguidos posteriores a ese navío. El segundo, genuinamente británico, es el que se implanta en nuestros astilleros y sufre un proceso de corrección por el que se eliminan sus excesos, volviendo en muchas ocasiones a las técnicas constructivas tradicionales españolas y dando lugar finalmente a un sistema mixto.

En cuanto a las características del nuevo sistema, podemos decir, en resumidas cuentas, que Jorge Juan apostó por la construcción de bajeles de formas más reducidas, técnicamente mejor ligados y ensamblados, descargados de pesos inútiles y fabricados con maderas seleccionadas y mejor

⁵⁷ GARCÍA-TORRALBA PÉREZ, E.: “Las líneas maestras de Jorge Juan para la construcción naval: el sistema inglés”, *Revista General de Marina*, vol. 265, 2013, pp. 275-276. Referencia de los estudios mencionados: CABRERA DE AIZPURU, F.: *Modelos teóricos y métodos de cálculo para el comportamiento estructural de los navíos construidos a la española y a la inglesa (1710-1760)*. Tesis doctoral, Francisco Fernández González (dir. tes.), ETSI Navales (UPM), 2003.

⁵⁸ SÁNCHEZ CARRIÓN, J. M.: “La red de espionaje global del marqués de la Ensenada. Jorge Juan en Inglaterra”, *Ingeniería naval*, 895, 2011, p. 74.

⁵⁹ GARCÍA-TORRALBA PÉREZ, 2013, p. 282.

tratadas. Su principal mérito fue aplicar los principios físico-matemáticos, sin olvidar la práctica, a las formas del casco, tamaño y colocación de la arboladura y disposición de la artillería.⁶⁰

Apestegui⁶¹ nos ilustra sobre las *ventajas* del nuevo sistema sobre el anterior:

El método empleado para la construcción de los buques Gaztañeta, varenga-genol⁶², aunque daba un resultado extraordinariamente sólido, presentaba dos problemas desde el punto de vista estratégico: en primer lugar, el consumo de madera era muy alto, pues el hecho de que los elementos estructurales debieran construirse de una sola pieza obligaba a usar grandes árboles de formas escogidas que cada vez resultaban más escasos. En segundo, era necesario labrar las piezas sobre el propio buque, con la consiguiente pérdida de tiempo y recursos.

Frente a estos inconvenientes, este autor señala las siguientes *ventajas* del sistema inglés:

- Los elementos estructurales, especialmente las cuadernas, se fabricaban mediante la unión de piezas más pequeñas, lo que permitía la posibilidad de aprovechar restos de maderas y ahorrar material.
- Posibilitaba la fabricación en serie de piezas incluso fuera del astillero, gracias a que sus características estaban perfectamente especificadas⁶³ en los reglamentos de maderas redactados para los distintos tipos de buque. De este modo, las piezas llegaban ya labradas y solo tenían que ensamblarse y montarse sobre la quilla, lo que aumentaba la velocidad y el ahorro en el transporte (solo se transportan las piezas finales y no los desperdicios que resultan de cortarlas).
- Se sustituye la cabillería de hierro por la de madera, excepto en los elementos estructurales principales. Esto supone una disminución del peso y del coste.

Razones por las que este autor concluye que, desde el punto de vista del aumento de la productividad⁶⁴ y la reducción de costes, este sistema fue altamente efectivo.

No obstante, también presentó varios *problemas* que se evidenciaron en los buques experimentales construidos nada más llegar los ingleses contratados por Jorge Juan a sus

⁶⁰ GONZÁLEZ-ALLER HIERRO, 1985, p. 55.

⁶¹ APESTEGUI CARDENAL, C.: “El marqués de la Victoria constructor naval”, *Cuadernos monográficos*, 28, Instituto de Historia y Cultura Naval, Madrid, 1996, pp. 59-61.

⁶² Varenga: parte de las cuadernas que sale de la quilla. Genol: parte alta de las cuadernas.

⁶³ “Hasta entonces, cada componente del barco se diseñaba y se construía según conocimientos experimentales o de buena práctica plasmados en el manual de Gaztañeta. A partir de Jorge Juan, cada pieza tiene detrás un cálculo y una razón técnica y científica para ser como es, que justifica su dimensionamiento y características.” SAN JUAN, “Jorge Juan y la construcción naval española en el siglo XVIII”, 2015, p. 251.

⁶⁴ 44 navíos de combate de entre 70 y 94 cañones producidos entre 1751 y 1767, en lo que fue el periodo más prolífico jamás registrado en gradas peninsulares.

destinos⁶⁵. Los buques mostraban carencias en sus ligazones, se quebrantaban con facilidad y necesitan mucho mantenimiento⁶⁶. Defectos que presentaban los buques del sistema Gaztañeta en sus inicios, pero que, como señala Sánchez Carrión⁶⁷ entre otros, ya habían sido solventados en buena medida por las correcciones introducidas por Autrán.

Para solucionarlos, y dada la polémica surgida entre los defensores de uno y otro sistema, se convocó en 1752 en Madrid una Junta de Constructores. Jorge Juan, basándose en el sistema inglés pero añadiendo ciertas correcciones, aportó sus conocimientos físicos y matemáticos, y con esta combinación de teoría y experiencia se diseñaron y trazaron planos para toda clase de embarcaciones de guerra y sus diferentes piezas. Las conclusiones a las que se llegaron, tras varios meses de trabajo, se recogieron en *Nuevo método de construcción naval*, obra con la que se fijó el, para muchos, mal llamado “sistema inglés”⁶⁸, puesto que en realidad se volvió a algunos métodos característicos de la construcción tradicional española. No obstante, aún quedaba camino por recorrer.

Siguiendo el nuevo estilo se comenzó a construir 12 navíos en el arsenal de Ferrol, que popularmente fueron conocidos como “el Apostolado” o “los Doce Apóstoles”⁶⁹. Sin embargo, ya fuese por la falta de experiencia de los operarios, la precipitación en el inicio de las construcciones, el empleo de madera inadecuada, o los problemas intrínsecos del nuevo sistema (probablemente se diese una combinación de todos los factores), los nuevos buques siguieron planteando problemas, principalmente relacionados con la falta de fortificación, la pudrición de las maderas y la insuficiencia de sus ligazones.

Esto llevó al director general de la Real Armada, el marqués de la Victoria, a convocar en 1754 en Cádiz una nueva Junta de Constructores. En esta ocasión los intervenientes tuvieron que presentar sus informes por escrito, lo que nos ha permitido conocerlos en detalle⁷⁰. Entre ellos

⁶⁵ Rooth a Ferrol, Mullan y Hill a Cádiz (Mullan más tarde sería destinado a La Habana), Bryant a Cartagena y Howel a Guarnizo. Los navíos experimentales fueron el *Asia* y el *Fernando*, en Ferrol; el *Septentrión* en Cartagena y el *África* en La Carraca.

⁶⁶ Véase AMN, Ms. 429, doc. 27.

⁶⁷ SÁNCHEZ CARRIÓN, 2020, *Jorge Juan en los arsenales (4). Intervención de Jorge Juan en la Carraca - II. Autrán/Jorge Juan. El técnico y el científico*. Recuperado de: [Fundación Ingeniero Jorge Juan](http://fundacioningenierojorgejuan.org)

⁶⁸ “Constituyendo, en realidad (...), una modificación avanzada tras rigurosa evaluación, puede que no sea la mejor forma de llamarlo, de lo que se quejan muchos cronistas especializados, por lo que hablan de un auténtico “Sistema español” o de Jorge Juan. Sin embargo, si tratamos de los maestros constructores que lo llevaron a cabo, sí podemos denominarlo “Sistema inglés”, pues eran todos de aquella procedencia”. SAN JUAN, “Jorge Juan y la construcción naval española en el siglo XVIII”, 2015, p. 252.

⁶⁹ Sus nombres eran: *Vencedor*, *Glorioso*, *Guerrero*, *Soberano*, *Eolo*, *Oriente*, *Aquilón*, *Neptuno*, *Magnánimo*, *Gallardo*, *Brillante* y *Héctor*.

⁷⁰ Los distintos informes y contrainformes se encuentran en AGS, MA, 324; se conservan los de todos los intervenientes en la Junta, más el de Rooth, que lo dio con posterioridad por la necesidad de traducirlo del inglés.

podemos destacar el emitido por Autrán⁷¹, que se trata del más completo y detallado análisis comparativo entre la construcción inglesa y la tradicional española. Los constructores españoles, a excepción de Jorge Juan, insistían en las cualidades del método anterior reiterando los argumentos de Autrán (aunque también alababan las formas de las carenas⁷²). Por su parte, los ingleses y Jorge Juan defendían las ventajas del nuevo sistema y aducían al uso de maderas verdes mal curadas como causa de las averías. Entre otras, se llegaron a las siguientes conclusiones: falta de fortificación en las ligazones, las piezas de las quillas y la roda no tienen suficiente espesor, los empalmes están mal encajados y las varengas no están adecuadamente construidas⁷³.

Los informes fueron enviados a la Corte, y en 1755 se promulgó una Real Orden en la que se disponía que se llevasen a cabo una serie de modificaciones en los buques que estaban siendo construidos (y que estas a su vez se introdujesen en los ya acabados cuando fuese posible). Siguiendo estas directrices se botó el *Guerrero* en 1755, uno de los “12 apóstoles”, de cuya calidad baste decir que no necesitó carena⁷⁴ en sus doce primeros años de vida y que llegó casi al siglo de vida, convirtiéndose en el navío de línea con más años de servicio activo del mundo. En la década de 1760 se siguieron introduciendo correcciones, con lo que el sistema inglés fue evolucionando hasta convertirse en un mixto español-inglés que trató de aunar las bondades de cada uno. Entre estas modificaciones podemos destacar: la reducción de los vanos de las portas de artillería⁷⁵, la mejora de la fortificación y de las uniones entre las piezas (volviendo a métodos anteriores), el empleo de la clavazón de hierro en la obra muerta en sustitución de las cabillas de madera⁷⁶, se estrechó la pala del timón, y las lanchas, botes y fogones se hicieron al estilo español.

⁷¹ *Informe de Autrán*. La Carraca, 22 de Octubre de 1754. AGS, MA, 324. Para un estudio más detallado de dicho documento y de las diferencias entre ambos sistemas: GARCÍA-TORRALBA PÉREZ, E.: “Las líneas maestras de Jorge Juan para la construcción naval: el sistema inglés”, en *Revista General de Marina*, vol. 265, Madrid, 2013, pp. 273-296; SÁNCHEZ CARRIÓN, J. M.: *Construcción Naval 1750-1754 (2). El sistema constructivo inglés y su comparación con el español tradicional*, Fundación Ingeniero Jorge Juan, post 32, 13-02-2020. Recuperado de: [Fundación Ingeniero Jorge Juan](http://fundacionjorgejuan.org/2020/02/13/1750-1754-2-el-sistema-constructivo-ingles-y-su-comparacion-con-el-espanol-tradicional/). Sobre las diferencias entre ambos sistemas véase también: *Diferencias que se observan de la práctica de construcción inglesa a la española*, AMN, Ms. 429, fols. 155-165.

⁷² Carena: parte sumergida del casco de un buque.

⁷³ SÁNCHEZ CARRIÓN, *Construcción Naval 1750-1754 (1). Evolución de los Sistemas Constructivos*. Recuperado de: [Fundación Ingeniero Jorge Juan](http://fundacionjorgejuan.org/2020/02/13/1750-1754-1-evolucion-de-los-sistemas-constructivos/)

⁷⁴ Aquí, mantenimiento y reparaciones del casco de la nave.

⁷⁵ Autrán y los constructores españoles habían señalado que la excesiva apertura de vanos en los costados reducía la resistencia de los costados y exponía a un mayor peligro a los tripulantes durante el combate, pues contaban con menor cobertura.

⁷⁶ Sobre el particular de la confrontación cabilla de madera frente a clavazón de hierro, García-Torralba señala que los modernos cálculos teóricos no atribuyen diferencias entre ambos sistemas desde el punto de vista de su resistencia, sin embargo, estos estudios no contemplan la conservación de los materiales frente a la acción de agentes externos, factor que a la postre se mostró decisivo, pues frente a la corrosión del hierro de los clavos se alzaba la pudrición de las cabillas si no estaban perfectamente curadas y labradas, una exigencia que era difícil de conseguir con la necesaria uniformidad. GARCÍA-TORRALBA, 2013, p. 287.

Tras años de pruebas y experiencias, en 1763 se botó, en Cartagena, el navío *Velasco*, de 74 cañones, cuya construcción había sido dirigida por Bryant y seguida de cerca por la Corte. Los resultados obtenidos en las pruebas de mar lo convirtieron en el navío modelo, ordenándose que los buques sucesivos siguieran sus características⁷⁷. Otro navío que debemos mencionar es el mastodóntico *Santísima Trinidad*⁷⁸, botado en 1769 en el astillero de La Habana y posiblemente el más célebre de todos los españoles de su época. Apodado “el Escorial de los mares” por Galdós, fue el único tres puentes del sistema inglés; originalmente de 112 cañones, pero tras una reforma en 1795 se le añadió una cuarta cubierta y pasó a tener 136 cañones, convirtiéndose en uno de los mayores navíos de línea de todos los tiempos⁷⁹.

Desde el punto de vista teórico, el culmen del sistema inglés o de Jorge Juan llegó en 1771, cuando ya había sido sustituido por el método francés de Gautier, con la publicación de *su Examen Marítimo Theórico Práctico, ó Tratado de Mechanica aplicado á la construcción, conocimiento y manejo de navíos y demás Embarcaciones*, obra de la que nos ocuparemos más adelante y que es considerada una de las cimas de la ciencia española del Siglo de las Luces.

Un nuevo cambio de sistema

El marqués de la Ensenada, víctima de una conspiración, fue destituido por Fernando VI en 1754. “Los grandes proyectos de Ensenada sobre la Marina se han desvanecido. No se construirán más navíos”, escribió el embajador inglés Benjamin Keene. No obstante, la total renovación de la Real Armada siguió su curso, impulsada personalmente por el monarca. Jorge Juan, que había perdido a su principal valedor, se vio obligado a entenderse con el nuevo ministro, Julián de Arriaga (1700-1776), algo que no llegó a suceder⁸⁰. Este continuó con el sistema inglés, hasta que en 1764, con Carlos III ya en el poder, decidió cambiarlo por el francés. Una vez más, los motivos del relevo no fueron meramente técnicos. Para algunos autores, pudo haber razones políticas, como el Tercer Pacto de Familia, con el que se acordó la uniformidad de las dos armadas, o la reconocida anglofobia de Carlos III. Sea como fuere, el Gobierno español solicitó al francés el envío de un acreditado constructor, y el elegido fue François Gautier (1733-1800).

⁷⁷ Aunque Juan y Ferragut (2020, p. 354) señala que el *San Genaro*, también construido en Cartagena por Bryant, fue más evolucionado.

⁷⁸ Véase también: [Galdos y la Mar \(fundacionmuseonaval.com\)](http://fundacionmuseonaval.com)

⁷⁹ No obstante, cabe destacar la opinión de San Juan (2015, p. 253), quien sostiene que Jorge Juan nunca habría respaldado una construcción semejante, ya que su diseño estaba por completo al margen de las ideas equilibradas, bien contrastadas, lógicas y razonables del sistema de Jorge Juan.

⁸⁰ “La caída de Ensenada supuso la destitución, e incluso el destierro de la corte, de la mayoría de sus principales colaboradores. Jorge Juan, en parte, se salvó de la purga, pues Arriaga no se atrevió a cesarle de todos los cargos. (...) Jorge Juan y el nuevo ministro no se llevaban bien, pues su prestigio y sabiduría despertaron en Arriaga unos celos terribles. Siempre temió que fuera su sustituto, pues cuando en la corte corrían rumores de crisis de gobierno, siempre se daba por seguro que Jorge Juan sería el nuevo ministro”. JUAN Y FERRAGUT, 2020, p. 350. Sobre la relación entre Jorge Juan y Arriaga ver: BAUDOT, M.: *Defensa del Imperio, Julián de Arriaga en la Armada (1700-1754)*, Murcia: Universidad de Murcia, 2013.

Este llegó al astillero de Guarnizo en 1765, con la misión de evaluar la calidad de las maderas que allí se estaban utilizando. Al año siguiente se le puso al frente de la construcción de los navíos del asiento de Zubiría, que se estaban fabricando según el método anterior, pero por orden de Gautier fueron desmontados y reconstruidos según su criterio. Así, en 1766 se botaron en Guarnizo los dos primeros navíos españoles de fábrica francesa: el *San Juan Nepomuceno* y el *San Pascual*. En 1767 se trasladó a Ferrol y el 8 de abril remitió un informe en el que exponía a Carlos III el mal estado de los navíos construidos a la inglesa que allí se encontraban, y criticaba el sistema inglés sosteniendo que “de todos los navíos construidos a la inglesa, existentes en el puerto de Ferrol, ni uno solo se halla, por lo débil de su fábrica, en estado de sostener un largo combate, ni aguantar un tiempo, y que no se puede en caso de guerra contar con la Marina.” El 24 de abril Arriaga remitirá copia del informe a los constructores interesados pidiéndoles su opinión y contestación. La carta de Gautier desencadenó un febril cruce de cartas e informes entre abril y mayo de 1767⁸¹. Especialmente interesante resulta la carta⁸² que el 5 de mayo remitieron los constructores ingleses Howell, Williams, Longman y Hugues, en la que desmontan uno por uno los argumentos de Gautier y comparan la construcción del *San Genaro* (1766) con la del *San Juan Nepomuceno*.

Finalmente, Arriaga optó por adoptar el método francés, y Gautier fue nombrado Director General de Construcciones Navales en 1769, año en que publicó su *Reglamento de Maderas de Roble, necesarias para fabricar un navío de 70 cañones*. Poco más tarde será designado como el primer director del Cuerpo de Ingenieros Navales de la Armada, creado en 1770.

EL EXAMEN MARÍTIMO

El *Examen Marítimo*⁸³, no es la única, pero sí la más importante obra de Jorge Juan, colofón tanto de su carrera científica como de toda su vida. Fue muy valorada internacionalmente; Lévêque su traductor al francés, escribía: “Aun se han visto demasiado a menudo navíos muy malos salir de las manos de ingenieros de los que deberían esperarse obras de la mayor perfección, y eso por haberlos ejecutado según la sola especulación, sin someter sus planos a un cálculo riguroso”, y presentó al autor como “Jorge Juan, uno de los más célebres geómetras y de los más grandes hombres de mar de Europa”.

⁸¹ Varios de estos documentos han sido transcritos total o parcialmente por Valle Cabezas: VALLE CABEZAS, J.: “El cambio de construcción en la Armada Española en el siglo XVIII. Del sistema inglés al sistema francés”, *Revista General de Marina*, 279, 2020, pp. 299-314. Este autor concluye que ambos sistemas tenían sus ventajas e inconvenientes, y que aún hoy es difícil concluir si el cambio estaba verdaderamente justificado y resultaba beneficioso desde un punto de vista técnico.

⁸² *Informe sobre los reparos y objeciones hechos contra los navíos de construcción inglesa elaborado con motivo del decreto de 24 de abril*, AMN, Ms. 489/12, fols. 340-348.

⁸³ *Exámen marítimo theórico práctico o Tratado de mechanica aplicado á la construcion conocimiento y manejo de los navíos y demás embarcaciones*. Se publicó dos años antes de la muerte de Jorge Juan, en 1771, a cargo del editor Francisco Manuel de Mena.

Para comprender la relevancia del *Examen Marítimo*, primero es necesario conocer la trayectoria precedente de las publicaciones sobre construcción naval.

Ya durante el siglo XVII se habían publicado en Francia e Inglaterra manuales de carácter empírico, en la línea de aquellos de Gaztañeta, entre los que podemos destacar *Doctrine of Naval Architecture* de Dean (1670), *L'Architecture Navale* de Dassié (1677), o *Shipbuilders Assistant* de Sutherland (1711). A lo largo del siglo XVIII aparecieron en Europa una serie de grandes científicos que trataron de resolver los problemas de la construcción naval aplicando los conocimientos físicos y matemáticos más avanzados de la época. No obstante, como señala Juan y Ferragut⁸⁴, la mayoría no había pisado la cubierta de un buque —algunos, incluso, ni siquiera habían visto uno—. Las obras más destacadas fueron *Essay d'une nouvelle Théorie de la Manœuvre des Vaisseaux* (1714), de Johann Bernoulli, *Scientia Navalis* (1749), de Euler, y *Traité du Navire* (1746), de Bouguer, del que Artiñano⁸⁵ escribe:

“pretende resolver las cuestiones teóricas aplicadas a la construcción naval. Esta obra importante, peca (...) por exceso de teoría, sobra de matemáticas, cúmulo de hipótesis simplificadoras y lujo de leyes físicas arregladas al uso que de ellas quiere hacerse. Pero, por otra parte, es innegable que es una piedra angular, y marca indudablemente un nuevo punto de partida, un avance definitivo en el método de análisis, de estudio de la cuestión y de todos sus aspectos más importantes”.

Jorge Juan partió de estas tres últimas obras para construir su *Examen Marítimo* que, coherente con su título —*examen* significa “indagación y estudio que se hace acerca de las cualidades y circunstancias de una cosa o un hecho” —, racionaliza y critica cuanto debe para aportar con sus hallazgos una nueva y deslumbrante forma de entender la construcción naval. Rebate tanto a los constructores tradicionales: “la fábrica del Navío (...) ha estado siempre en manos de unos casi meros Carpinteros, (...) ninguna dependencia se creyó que tuvieran de la Mathemática, sin embargo de no ser el todo sino pura Mechânica”, como a los principales teóricos de la época. Así pues, con afán enciclopédico, y a la luz de su dilatada experiencia en diseño y construcción naval, disecciona y analiza aquellas tres obras fundamentales para acabar logrando una síntesis contrastada y humanística; un compendio que, lejos de reivindicar a su autor o su originalidad, aportase realmente al conocimiento constructivo universal y al bien común.

En cuanto a su estructura, el *Examen Marítimo* consta de dos tomos. El primero, se divide en dos libros (Mecánica, Hidrostática), y el segundo, en cinco (La Nave, Centros y Momentos, Machinas, Arquitectura Naval, Aplicación Práctica), a su vez compuestos de varios capítulos.

⁸⁴ JUAN Y FERRAGUT, 2013, pp. 97-98.

⁸⁵ ARTIÑANO Y GALDÁCANO, 1920, p. 204.

En el tomo primero se aporta el aparato teórico, los principios físicos y matemáticos sobre los se va a apoyar su teoría. Como apunta San Juan⁸⁶, existe una poderosa razón histórica para ello: cuando Ensenada envía a Jorge Juan a Inglaterra en misión de “espionaje”, lo hace consciente de la escasez de bagaje científico, en lo referente a Mecánica, que padecen los grandes proyectos navales españoles. Adquirirlo es, por tanto, prioridad estratégica para el desarrollo de nuestros arsenales, quedando plasmado finalmente lo aprendido en el *Examen*. El Libro I de este tomo contiene unos principios de mecánica general que luego se aplican al estudio de algunas máquinas, además de sendos estudios del choque y del rozamiento. En el Libro II se desarrolla una teoría de la mecánica de fluidos.

En el tomo segundo se analiza exhaustivamente el diseño y construcción del navío, su descripción física y mecánica, las diferentes *machinas* que lo gobiernan —velas, timón y remos— para finalmente conformar un tratado de arquitectura naval con su manual de procedimientos correspondiente. Siempre expresará las medidas en pies ingleses, no de Burgos, y llamará, como Bouguer y Euler, “profundidad” al calado, “fondos” a la carena, “derecha” a estribor, etc. Todo ello buscando la compatibilización y la integración de su obra en el contexto científico europeo, a cuyas asociaciones pertenecía.

El Libro IV del tomo segundo supone un auténtico curso de arquitectura naval para veleros del siglo XVIII. En él se desentrañan todas las claves del comportamiento en la mar del velero, de modo que, con un cálculo completo y escrupuloso, se puedan predecir y determinar las mejores cualidades de una embarcación de vela desde la mesa de diseño. En palabras de San Juan⁸⁷: “la revolución es total, e implica la llegada al mundo moderno del diseño y construcción de barcos”.

En el quinto y último libro Jorge Juan recopila todas las normas anteriores para que constructores y marinos puedan aprovechar el *Examen* sin tener que sumergirse en sus cálculos. La diferencia de este manual con otros anteriores es que todo lo que aquí se afirma y aconseja ha pasado previamente por el tamiz crítico, la demostración matemática y la experiencia del autor.

Jorge Juan hace grandes aportaciones y avances con su *Examen*. Su contribución es decisiva en campos como la Teoría de las Resistencias al avance. Por ejemplo, en el Libro II del tomo primero, titulado *Del equilibrio de los Fluidos y la Fuerza con que actúan en Reposo*, en el que aborda el tema de la hidrostática, busca determinar con exactitud cuál es la resistencia total del casco de un navío en el agua, parámetro imprescindible para definir las mejores formas de la obra viva de forma científica y no intuitiva, como venían haciendo los carpinteros de ribera desde tiempos inmemoriales. Anticipa de este modo conceptos modernos como el “coeficiente prismático”, un

⁸⁶ SAN JUAN SÁNCHEZ, V.: “Un libro que hay que leer”, *Revista General de Marina*, vol. 269, 2015, p. 865.

⁸⁷ *Ídem.*, p. 872.

dato básico para conocer la forma y las características del plan de uso de un velero, y se adelanta a los canales de pruebas utilizados hoy en día.

El ilustre marino se convierte también en pionero de la actual Teoría del Viento Aparente, afirmando: “El navío puede, bien dispuestas sus velas, tomar una velocidad casi igual a la del viento que le impele”. Esta afirmación podía resultar descabellada en 1771, pero Jorge Juan demostró la invalidez de las teorías precedentes: “Según la theórica, no puede tomar [el navío] (...) más velocidad que la 100/366 de la que tubiere el viento”; ahora bien: «La velocidad del viento es cuando más, según M. Mariote (...) de 24 pies por segundo, luego, según la teoría, el navío no puede andar más de 7 pies por segundo; y si anda 11 millas, como efectivamente sucede, corre a los 17 y ¼ pies. Hé ahí a la teoría en crisis! Más absurda resulta aún la conclusión en marcha a bolina”. Para comprobarlo: y dado que “la experiencia era solamente la que nos había de sacar de esta duda, escogí un Bote, y mientras que navegando en él á viento largo se medía su velocidad, se estaba midiendo en tierra la del viento”; el resultado fue que, con viento de “10 á 11 pies, sacó el Bote cerca de 10”. Hoy en día, los veleros son capaces de superar con creces la velocidad del viento.

Por otra parte, con sus estudios sobre los distintos aspectos del buque y su construcción, intuyó el concepto de compromiso de diseño de un plano naval; no existe el barco perfecto, sino el que es optimizado para el uso que se le va a dar.

El *Examen Marítimo* se trata pues de un completo tratado de toda la problemática que afecta a la embarcación de vela, en el que Jorge Juan parte de experiencias seguras, para, sobre su base, buscar la teoría concordante con la realidad:

“Era menester empezar por seguras experiencias que acreditasen la duda de las resistencias; buscar después por vías diversas, o por las mismas con que actúa la naturaleza, otra teórica de ellas; y últimamente, examinar si esta convenía no solamente con la marcha de los navíos, sino con todas sus acciones y asimismo con todos los efectos o movimientos que en la Naturaleza se observan. El empeño, aunque arduo, produjo aún mucho más de lo que yo mismo esperaba”.

Si bien no fue la primera obra sobre construcción naval del siglo XVIII, probablemente sí que se trate de la más perfeccionada, avanzada, exhaustiva y de mejor contenido. Nos gustaría finalizar con las palabras que, a la luz del *Examen*, Artiñano⁸⁸ escribió sobre su autor:

Dotado de las condiciones y aptitudes ideales del perfecto ingeniero, creo que es difícil, yo a lo menos no lo conozco, hallar antes de él quien de tal modo comprendiese lo que es la ingeniería y en particular la ciencia del navío, y quien supiese plantear las cuestiones técnicas con tal precisión, con tan acertado equilibrio entre teoría y experiencia, y con tan acabado dominio y seguridad.

En definitiva, independientemente de la justificación que tuviesen los diversos cambios de sistema en la construcción naval española del siglo XVIII, y de la demostración (tal vez

⁸⁸ ARTIÑANO Y GALDÁCANO, 1920, p. 205.

irrealizable) de la superioridad de unos sobre otros, lo que resulta innegable es la aportación de Jorge Juan al desarrollo científico, tecnológico e industrial de la España del Siglo de las Luces, la cual, como hemos visto, se refleja y se culmina en el *Examen Marítimo*.

Más allá de la cuestión sobre si su sistema producía los mejores buques o no, el verdadero valor de la propuesta de Jorge Juan reside en el cambio en la actitud con respecto a la construcción naval, introduciendo ese espíritu ilustrado con el que busca la razón y justificación científica para que cada mínimo elemento del buque sea como es, siempre con ese equilibrio entre teoría y práctica que con tan buenos resultados supo alcanzar. En pocas palabras, el haber sido el principal artífice del paso del “arte” de navegar a la “ciencia” de la navegación.

REFERENCIAS

- ALBEROLA ROMÁ, A.: “La publicación del *Examen Marítimo* y la reedición de las *Observaciones Astronómicas*. Las dificultades de un científico en la España del siglo XVIII”, *Canelobre: Revista del Instituto Alicantino de Cultura “Juan Gil-Albert”*, 51, 2006, pp 178-195.
- ALBEROLA ROMÁ, A., DIE MACULET, R.: “Jorge Juan Santacilia. Síntesis de una vida al servicio del Estado”, *Revista General de Marina*, vol. 265, 2013, pp. 229-250.
- ARTIÑANO Y GALDÁCANO, G.: *La arquitectura naval española (en madera). Bosquejo de sus condiciones y rasgos de su evolución*, Barcelona: Oliva de Vilanova, 1920.
- APESTEGUI CARDENAL, C.: “El marqués de la Victoria constructor naval”, *Cuadernos monográficos*, 28, Instituto de Historia y Cultura Naval, 1996, pp. 59-75.
- BAUDOT, M.: *Defensa del Imperio, Julián de Arriaga en la Armada (1700-1754)*, Murcia: Universidad de Murcia, 2013.
- CABRERA DE AIZPURU, F.: *Modelos teóricos y métodos de cálculo para el comportamiento estructural de los navíos construidos a la española y a la inglesa (1710-1760)*. Tesis doctoral dirigida por Francisco Fernández González, ETSI Navales (UPM), 2003.
- CRESPO SOLANA, A.: “La intendencia de marina y el «gobierno de la contratación». El sueño naval de José Patiño y Rosales (1717-1736)”, *Studia historica. Historia moderna*, vol. 39, 2, Ediciones Universidad de Salamanca, 2017, pp. 75-114.
- DE LA PIÑERA Y RIVAS, A. y THIAL BOISIÈRE, J.: “La construcción naval en España durante el siglo XVIII”, *Revista de Historia Naval*, 79, 2002, pp. 17-33.
- Diferencias que se observan de la practica de construccion inglesa a la española*, AMN, Ms. 429, fols. 155-165.
- ESCUDERO LÓPEZ, J. A.: “El reformismo borbónico y administración central en España”. En VV.AA.: *De la Paz de parís a Trafalgar (1763-1805). La Organización de la Defensa de la Monarquía*, Madrid: Ministerio de Defensa, Instituto Español de Estudios Estratégicos, 2003, pp. 105-123.

FERRÉ I GISPETS, D. y MOSCOSO GONZÁLEZ, R.: “Por el beneficio... y el Real Servicio. El corso hispano en la estrategia mediterránea de Felipe V (1714-17469)”, *Drassana. Revista del Museu Marítim de Barcelona*, 27, 2019, pp. 42-54.

FUENTES ARAGONÉS, J. F.: “Luces y Sombras en la ilustración española”, *Revista de educación*, nº Extraordinario, 1, 1988, pp. 9-27.

GARCÍA-TORRALBA PÉREZ, E.: “Las líneas maestras de Jorge Juan para la construcción naval: el sistema inglés”, *Revista General de Marina*, vol. 265, 2013, pp. 273-296.

GIRARD, A.: *La rivalidad comercial y marítima entre Sevilla y Cádiz hasta finales del siglo XVIII*, Sevilla: Editorial Renacimiento, 2006.

GONZÁLEZ-ALLER HIERRO, J. I.: “El navío de tres puentes en la Armada española”, *Revista de Historia Naval*, 9, 1985, pp. 45-76.

GONZÁLEZ-ALLER HIERRO, J. I.: “Navío “Real Felipe”, *Revista de Historia Naval*, 14, 1986, pp. 47-52.

HORMAECHEA ARENAZA, C.: *La barra de Sanlúcar y el diseño del gálibo maestro en la obra de Antonio Gaztañeta*, AAMMB, 2014. Recuperado de: [Documentos descargables – aammb – Asociación de Amigos del Museo Marítimo de Barcelona](http://www.aammb.org/documentos-descargables-aammb-Asociacion-de-Amigos-del-Museo-Maritimo-de-Barcelona)

Informe de Autrán. La Carraca, 22 de Octubre de 1754. AGS, MA, 324.

Informe sobre los reparos y objeciones hechos contra los navíos de construcción inglesa elaborado con motivo del decreto de 24 de abril, AMN, Ms. 489/12, fols. 340-348.

Instrucción del marqués de la Ensenada a D. Jorge Juan para la Comisión que ha de desempeñar en Inglaterra, de reconocimiento de puertos, y régimen de arsenales, contrato de dos constructores, un maestro de fábrica de jarcia, otro de lonas y otro de instrumentos marítimos. San Lorenzo el Real, 27 octubre 1748. AMN, Ms. 2162, doc. 2, fols. 2-6.

JUAN Y FERRAGUT, M.: “Jorge Juan: su misión en Londres y la Construcción Naval española”, en *FerrolAnálisis: revista de pensamiento y cultura*, 28, 2013, pp. 91-107.

JUAN Y FERRAGUT, M.: “Los sistemas de construcción naval y el combate de Trafalgar”, en *Revista General de Marina*, vol. 279, 2020, pp. 335-358.

JUAN Y SANTACILIA, J.: *Exámen marítimo teórico práctico o Tratado de mechanica aplicado á la construccion conocimiento y manejo de los navíos y demás embarcaciones*. Madrid: En la Imprenta de D. Francisco Manuel de Mena, 1771 (2 vol.), BMN: 9432-9433.

LAFUENTE, A., y PESET, J. L.: “Política científica y espionaje industrial en los viajes de Jorge Juan y Antonio de Ulloa (1748-1751)”, *Mélanges de la Casa de Velázquez*, XVII, 1981, pp. 233-261.

MORALES HERNÁNDEZ, J. L.: “Jorge Juan en Londres”, en *Revista General de Marina*, 184, 1973, pp. 663-670.

PÉREZ FERNÁNDEZ-TURÉGANO, C.: “La Hacienda de Marina en la política naval del primer tercio del siglo XVIII”. En MARTÍNEZ PEÑAS, L. y FERNÁNDEZ RODRÍGUEZ, M. (coords.): *De las Navas de Tolosa a la Constitución de Cádiz: el Ejército y la guerra en la construcción del Estado*, Asociación Veritas para el Estudio de la Historia, el Derecho y de las Instituciones, 2012, pp. 251-278.

ROVIRA, F. X.: *Tratado de Artillería para el uso de los Cavalleros Guardias-Marinas en su Academia [...]. Dedicado a la inmortal memoria del Excmo. Sr. D. Jorge Juan, tomo primero.* Cádiz: En la imprenta de la misma Academia, 1773.

SÁNCHEZ CARRIÓN, J. M.: “La red de espionaje global del marqués de la Ensenada. Jorge Juan en Inglaterra”, *Inginería naval*, 895, 2011, pp. 74-78.

SÁNCHEZ CARRIÓN, J. M.: *Construcción Naval 1750-1754 (1). Evolución de los Sistemas Constructivos*, Fundación Ingeniero Jorge Juan, post 31, 24-01-2020. Recuperado de: [Fundación Ingeniero Jorge Juan](http://fundacioningenierojorgejuan.es)

SÁNCHEZ CARRIÓN, J. M.: *Construcción Naval 1750-1754 (2). El sistema constructivo inglés y su comparación con el español tradicional*, Fundación Ingeniero Jorge Juan, post 32, 13-02-2020. Recuperado de: [Fundación Ingeniero Jorge Juan](http://fundacioningenierojorgejuan.es)

SÁNCHEZ CARRIÓN, J. M.: *Jorge Juan y los arsenales (4). Intervención de Jorge Juan en la Carraca – II. Autrán/Jorge Juan. El técnico y el científico*, Fundación Ingeniero Jorge Juan, post 36, 07-05-2020. Recuperado de: [Fundación Ingeniero Jorge Juan](http://fundacioningenierojorgejuan.es)

SAN JUAN SÁNCHEZ, V.: “Jorge Juan y la construcción naval española en el siglo XVIII”, *Dendra médica. Revista de humanidades*, vol. 14, 2, 2015, pp. 240-256.

SAN JUAN SÁNCHEZ, V.: “Un libro que hay que leer” en *Revista General de Marina*, vol. 269, 2015, pp. 861-876.

TORRES LÓPEZ, C.: “La enseñanza naval. Tres siglos formando marinos”, *Cuadernos monográficos, Jornadas culturales 2017-2019*, I, Orden de San Clemente y San Fernando de Sevilla, 2020, pp. 15-49.

TORRES LÓPEZ, C.: *La historia desde el mar. El siglo XVIII español*. Madrid: Órgano de Historia y Cultura Naval/ Centro de Ayudas a la Enseñanza de la Armada (CAE), 2014. Recuperado de: https://fundacionmuseonaval.com/SEC/_Multimedia/SXVIII/mobile/index.html#p=1

VALDEZ-BUBNOV, I.: “Navíos para un imperio global: la construcción naval y la Matrícula de Mar en España, América y Filipinas durante el largo siglo XVIII (1670-1834)”, *Espacio, tiempo y forma. Serie IV, Historia moderna*, 32, 2019, pp. 123-160.

VALLE CABEZAS, J.: “El cambio de construcción en la Armada Española en el siglo XVIII. Del sistema inglés al sistema francés”, *Revista General de Marina*, 279, 2020, pp. 299-314.

VALOR BRAVO, D. y SERRANO RUIZ-CALDERÓN, A.: “Jorge Juan y los ingenieros navales ingleses”. En *Jorge Juan y la ciencia ilustrada*, Centro Virtual Cervantes. Recuperado de: [CVC. Jorge Juan y la ciencia ilustrada. Jorge Juan y los ingenieros navales ingleses. \(cervantes.es\)](http://cvc.cervantes.es/jorge_juan_y_la_ciencia_ilustrada_jorge_juan_y_los_ingenieros_navales_ingleses_(cervantes.es).htm)

VILLAS TINOCO, S. L.: “Pero... ¿Hubo una Ilustración en España?”, *Boletín de la Academia Malagueña de Ciencias*, 16, 2014, pp. 59-70.

VV. AA.: *Historia de la Armada. Páginas de la historia de España escritas en la mar*, Madrid: Ministerio de Defensa, Secretaría General Técnica, 2020.