

artículo técnico

Marinos-científicos y artesanos en la construcción naval militar española del Dieciocho

Manuel Díaz Ordóñez

Resumen

Es bien conocido que la Marina de guerra recibió un fuerte empuje a la llegada de la dinastía borbónica a la Corona Española. Además de la construcción naval otras industrias auxiliares, como la que se ocupaba de la fabricación de jarcia, fueron igualmente objeto de un profundo interés desde las Secretarías del Reino. Hacia 1750 Jorge Juan y Santacilia, recién llegado de una estancia dedicada al espionaje en Inglaterra, dirigió una serie de experimentos para mejorar el proceso de manufactura del cordaje naval en el arsenal de Cartagena. En último término, el marino redactó unas Reglas para que sirvieran de referencia en todas las fábricas reales del país.

Abstract

It is very well-known that Spanish Navy received a strong push to the arrival from the Bourbon dynasty to the Spanish Crown. Besides the naval construction, other industries (the jarcia production) were also equally object of interest from the Secretaries of the Kingdom. Toward 1750 Jorge Juan and Santacilia, recently arrived of a stay dedicated to the espionage in England, it directed a series of experiments to improve the process of manufacture for the naval cordage in the arsenal of Cartagena. As a last resort the marine edited some Rules so that they served as reference in all the real factories of the country.

1. El punto de partida

Hace ya algunos años investigamos los experimentos sobre fabricación de jarcia del marino alicantino Jorge Juan y Santacilia en el arsenal de Cartagena¹. En aquella ocasión nos interesaban más los aspectos normativos que supuso la redacción de un reglamento de confección de cordaje naval, el cual nació con la voluntad de constituirse como un referente para todas las factorías militares de jarcia del país. Sin embargo, con el tiempo y a medida que profundizábamos en el conocimiento de la industria de la cabuyería militar española del Setecientos, fuimos valorando mejor los resultados obtenidos por Jorge Juan desde el punto de vista económico y técnico. Sabrán, eso sí, disculpar nuestra pequeña, pero necesaria, intromisión en el campo de la ingeniería naval, aceptando nuestra humilde aportación a este conocimiento científico desde el área de la historia.

Para situar la cuestión es preciso presentar los datos principales de los experimentos realizados en el arsenal de Cartagena en 1750. Para ello, en primer lugar, destacamos el viaje que Jorge Juan, a instancias del Secretario de Marina, el marqués de Ensenada, realizó a Inglaterra en marzo de 1749, con el objetivo de que obtuviera información de primera mano sobre la construcción naval militar británica. La cuestión no era baladí ya que Inglaterra aparecía como una potencia naval de primer orden en el concierto de naciones de la Europa de la época. El marino realizó una encomiable labor encubierta espiando los arsenales ingleses y, al mismo tiempo, contactando directamente con técnicos a los que pagó para que se trasladaran a España.

Así, Jorge Juan comenzó a tener un contacto directo con todos los aspectos necesarios en la construcción naval y, en consecuencia, también tomó conciencia de la importancia de las industrias auxiliares del ramo y, en concreto, del gran interés que tenía la producción de jarcia para los aparejos. Por este motivo, el marino contrató a varios maestros de jarcia entre los 50 que finalmente logró enviar a España antes de ser descubierto y tener que huir a mediados de 1750. Ensenada no le dio mucho descanso y lo envió a Cartagena para que, sobre la base de los conocimientos que había adquirido durante su estancia en Inglaterra, supervisara la actividad del arsenal². Antes de detallar los experimentos de Jorge Juan es necesario dedicar unas líneas a una pequeña síntesis de la pro-

Índice

Resumen/Abstract

1.- El punto de partida

1.1.- La producción de jarcia en el siglo XVIII

2.- Los experimentos de Jorge Juan en Cartagena

2.1.- El desarrollo de los experimentos

2.2.- Las innovaciones en las Reglas de Jorge Juan

3.- Las implicaciones de las Reglas de Jorge Juan

3.1.- Hacer fácil el cálculo matemático

3.2.- El ahorro de la Corona Española

3.3.- La implantación de la nueva jarcia y las implicaciones en el aparejo de los barcos

4.- Conclusiones

ducción de jarcia para facilitar la comprensión de las modificaciones que se iban a llevar a cabo.

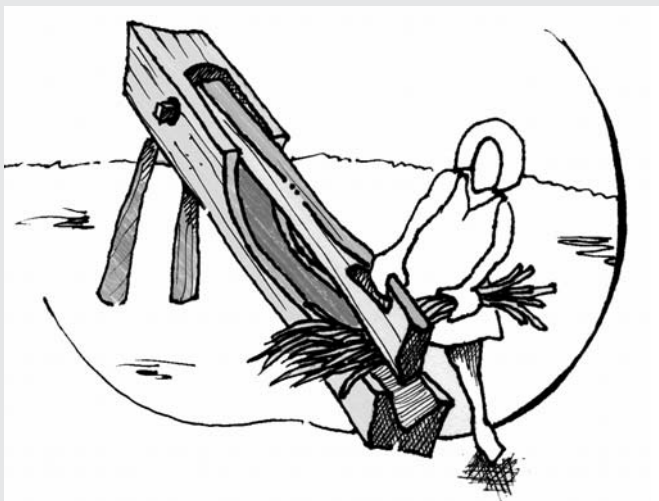
1.1. La producción de jarcia en el siglo XVIII

En el siglo XVIII, España conseguía su cáñamo de dos fuentes bien diferenciadas. En primer lugar, seguía dependiendo de las compras en el extranjero, fundamentalmente de la fibra que provenía del Báltico que era tradicionalmente la más apreciada. En segundo término y como continuación a los esfuerzos de la Corona española en el Seiscientos, los gobiernos borbónicos pusieron en práctica un vasto programa de fomento del cultivo del cáñamo en el propio territorio. Centrándose estos esfuerzos especialmente en Cataluña, Valencia, Castellón, La Rioja, Navarra, Granada y Galicia. Las cosechas de cáñamo eran sometidas a un baño de inmersión en unas balsas construidas, en muchos casos, al efecto, donde la fibra sufría un proceso de putrefacción y ablandamiento necesario para su conversión en cuerdas. A diferencia del cáñamo foráneo, secado con estufas de leña en cabañas cerradas, en España la fibra se dejaba secar al aire libre. Seguidamente la fibra se trataba específicamente a las operaciones de preparado conocidas como agramado, espadado y rastrillado.



Agramadora tradicional con la cañiza del cáñamo. Museo del Cáñamo de Callosa de Segura- Archivo Fotográfico CEFIRE - Elda

En la operación del agramado el operario golpeaba reiteradamente un manojo de tallos de cáñamo para romper la estructura exterior de la fibra. La agramadera era una sencilla estructura de madera dura con un brazo acabado en cuña (la que golpeaba) y articulado con un eje de madera sobre el que oscilaba y permitía el batido.



Operación del agramado. Interpretación de Fernando García Casero



Vista en detalle de una agramadora. Museo del Cáñamo de Callosa de Segura-Archivo Fotográfico CEFIRE - Elda



Vista del espadador (tabla fijada al suelo) y de la espadilla (utensilio de golpeo). Museo del Cáñamo de Callosa de Segura - Archivo fotográfico CEFIRE - Elda

A continuación el operario debía realizar el espadado de los manojos de cáñamo con lo que se conseguía que las partes duras de los tallos, rotos. Para ello golpeaba lateralmente la fibra con mucha fuerza para que se fuera desprendiendo la cañiza adherida a las hilazas del cáñamo. El espadador era una tabla fijada al suelo de forma vertical y el utensilio que servía para golpear recibía el nombre de espadilla. La foto pertenece a la Demostración Nacional de los Trabajos del Cáñamo que se repite todos los años a mediados de agosto en Callosa de Segura.



Operación del espadado. Museo del Caamo de Callosa de Segura – Archivo fotográfico CEFIRE – Elda



Rastrillo tradicional. Museo del Caamo de Callosa de Segura – Archivo fotográfico CEFIRE – Elda

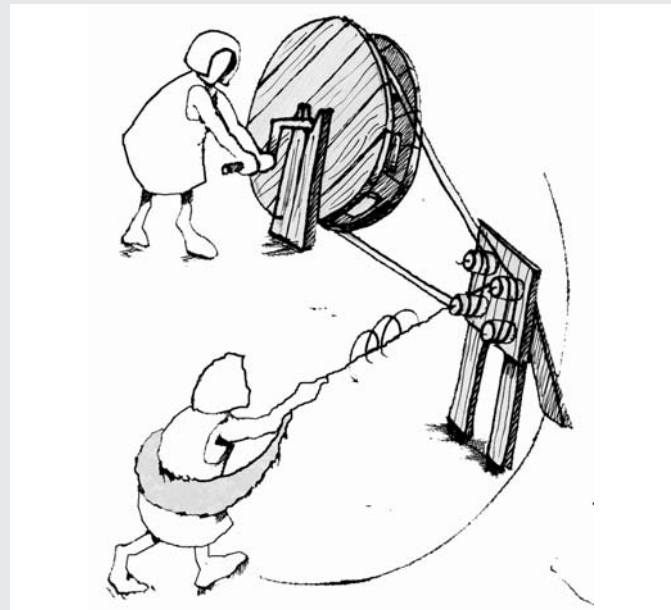


Operación del rastrillado. Museo del Caamo de Callosa de Segura – Archivo fotográfico CEFIRE - Elda

Con las hilazas bastante limpias el operario realizaba el rastrillado. Para ello se pasaban los manojos del caamo entre unas pas de acero de más de diez centímetros de alto. Como consecuencia de esta tarea las fibras quedaban separadas según su longitud en canal, de segunda clase y de tercera clase. El propio Jorge Juan nos ofrece su definición más certera *“el primero es la flor y los hilos largos del caamo, el segundo el que est entreverado más corto o quebrado y el tercero es los pedacitos muy chicos muchas veces de menos de quartas”*.

Con los caamos separados se pasaba al proceso central de la producción de la jarcia centrados en las operaciones del hilado de la filástica, corchado de cordones y corchado de cabo o cable.

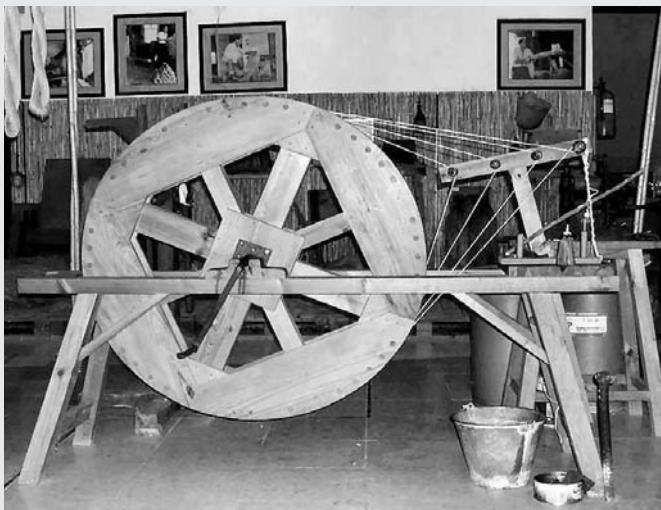
Durante el hilado, un operario accionaba una rueda de madera mediante una manivela que generaba un movimiento rotatorio, mediante una correa de transmisión, a un pequeño garfo. Mientras tanto, el otro operario se ataba un manajo de fibra tratada en torno a la cintura y lo aplicaba a la punta del garfo. El movimiento de giro generaba la torsión de la hilaza y el operario, ayudado con un trozo de cuero, formaba con su mano un canal por el que iba alimentando al hilo que se iba confeccionando. El resultado se llamaba filástica y era importante que el operario que hilaba mantuviera la tensión para conseguir la uniformidad óptima del conjunto.



Operación del hilado. Interpretación de Fernando García Casero



Operación del hilado. Museo del Caamo de Callosa de Segura – Archivo fotográfico CEFIRE – Elda



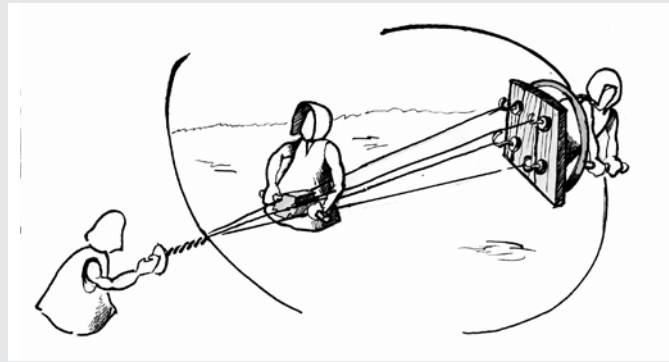
Máquina de hilar. Museo del Caamo de Callosa de Segura – Archivo fotográfico CEFIRE - Elda

Con la filástica tendida sobre unas alzas los operarios pasaban al corchado de los cordones. En esta operación (en la imagen representamos el caso de una pequeña cuerda) se comprende la magnitud e importancia de esta actividad industrial ya que los cabos y cables tenían varios cientos de metros.

El corchado consistía en que varias filsticas, sujetas a sendos garfios, eran sometidas a un giro regular proporcionado por una rueda impulsora. En el extremo distante el operario situaba entre las líneas de filástica una pieza de



El hilador colchando la cuerda en la carrera. Museo del Caamo de Callosa de Segura – Archivo fotográfico CEFIRE – Elda

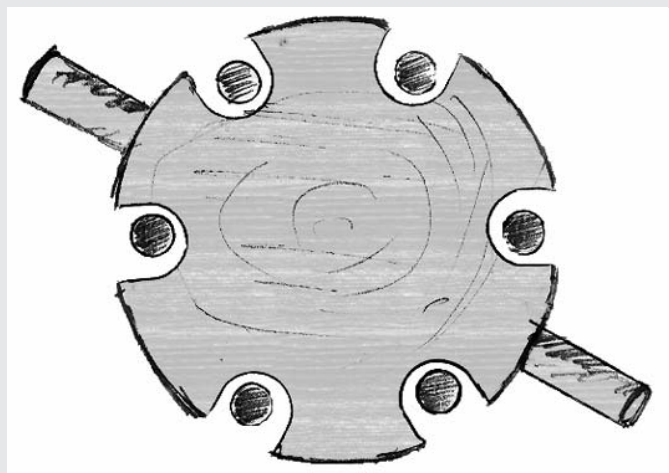


Operación del corchado. Interpretación de Fernando García Casero

forma cnica (llamada cabria o piña en la época), en la que existían al efecto unos surcos. Cuando el giro proporcionado, esta vez en sentido contrario al realizado en la filástica, producía la torsión de las filsticas, la piña provocaba que éstas se anudaran fuertemente unas contra otras. La propia fuerza aplicada en el extremo de giro hacía que la piña fuera desplazándose lentamente hacia la rueda, mientras que el operario sólo cuidaba que el cordón resultante quedara uniforme.



Diferentes tipos de piña para diversas menas de cuerda. Museo del Caamo de Callosa de Segura – Archivo fotográfico CEFIRE – Elda



Vista transversal de la cabria o piña

Con los cordones acabados los técnicos decidían el cabo o cable que iban a elaborar ya que según el tipo implicaba un número determinado de ellos. También era necesario cargar unos pesos adecuados a la resistencia que debían ejercer los cordones para que la confección de la jarcia fuera la más adecuada. En las imágenes siguientes, obtenidas en la exposición permanente sobre el Descubrimiento visitable en La Rábida, aparecen sendas reproducciones de unas máquinas para fabricar jarcia del tipo que solían existir en el siglo XVI.



Ingenio para el corchado de la jarcia s.XVI. Muelle de las Carabelas/La Rábida



Peso en el extremo para el corchado de la jarcia s.XVI. Muelle de las Carabelas/La Rábida



Modelo nuevo de máquina utilizada en la Demostración Nacional de los trabajos del Cábamo de Callosa de Segura. Debajo del carretel donde se recoge la cuerda manufacturada. Museo del Cábamo de Callosa de Segura – Archivo fotográfico CEFIRE - Elda

Finalmente, con el cabo o el cable realizado y dependiendo de su cometido en el aparejo del buque, es decir, si iba destinado a jarcia firme o muerta o, bien, a jarcia blanca o de maniobra, debía ser sometido a la operación de alquitranado. Con este proceso, en el que el cordaje que estaba más expuesto a las inclemencias del medio marino y la climatología era bañado en alquitran, se pretendía que la jarcia no se pudriera prematuramente. Sin embargo, en sí mismo, el propio proceso conllevaba bastantes riesgos para el cabo, ya que un calor excesivo podía quemar el alma del cordaje restándole eficacia. A mediados del Setecientos, los sogueros españoles metían el cabo en unas piscinas de alquitran, calentado en grandes estufas de leña y luego tiraban de él mediante un cabestrante que se movía verticalmente, sobre el que el cabo giraba mientras derramaba la brea sobrante.

2. Los experimentos de Jorge Juan en Cartagena

Una vez llegado a Cartagena, Jorge Juan se lanzó a una actividad frenética asistiendo a todas las juntas de técnicos y pruebas que se realizaban en el arsenal colaborando eficazmente con el intendente Francisco Barrero y con el ingeniero Sebastián Ferignan. Precisamente, en aquel momento, las instalaciones militares del Levante español estaban en plena organización. Por un lado, las obras de adecuación de los edificios y almacenes necesarios eran seguidas, en paralelo, por el saneamiento del puerto y el asentamiento de los diques y, además, se fortificaban los montes cercanos para asegurar una correcta defensa de aquel enclave vital para el esfuerzo militar español. En este panorama, Jorge Juan tuvo tiempo para consultar con su superior en la Corte para solicitarle que le dejara realizar experimentos con la fabricación de jarcia que se realizaba allí.

"He sabido por don Francisco Barrero que V.S. tiene mandado venir de Cataluña 2.000 quintales de filástica para el aparejo del navío nuevo que no será mejor que lo dicho arriba y que aquí tenemos tiempo para hacerle todo bueno..."³.

El marino se aprovechaba, por un lado, de la accesibilidad a los operarios de la barcelonesa Compañía del Asiento de Jarcia, firma que había obtenido el último contrato de suministro de cabuyería para la Armada Real y, por otro, por el estado avanzado de construcción del navío Septentrión en el arsenal. Así contaría con un personal altamente cualificado y también con el aparejo de un buque nuevo en el que se podrían realizar todas las pruebas necesarias.

2.1. El desarrollo de los experimentos

Jorge Juan convino con el intendente Francisco Barrero que las pruebas de jarcia se podían realizar en la segunda quincena de octubre de 1750. Puesto también sobre aviso el maestro soguero Joan Buxó, perteneciente a la Compañía del Asiento de Jarcias, se fijó la mañana del 16 de octubre para iniciar las tareas de preparado de los cáñamos. Las intenciones del equipo de trabajo reunido en la instalación naval eran claras: solucionar la escasa calidad del cordaje naval que aparejaba las unidades de la Armada Real. Se debía, en palabras del propio Jorge Juan, evitar la desorganización existente en todo el ramo del cáñamo:

"... Nuestras fabricas de España no solo emplean en las maniobras más sutiles el cáñamo de primera y segunda clase, sino también el de tercera, puede discurrir que jarcia podremos tener"⁴.

Después de dos intensas jornadas de trabajo se fabricaron cabos siguiendo diferentes métodos: aumentando y disminuyendo el rastrillado, modificando la proporción del alquitranado por cada quintal de cáñamo, variando la presión en el corche de los cordones o de la propia jarcia y, finalmente, mezclando las especies de cáñamos en el hilado de la filástica. Sintetizándolas brevemente en el arsenal se tomó nota concienzuda de todas las operaciones que se iban realizando para que sirvieran como modelo para la redacción de un reglamento. El cáñamo en rama que se utilizó provenía de Orce en Granada y los operarios pertenecían en exclusividad a la empresa

del asiento de jarca que estaba en vigor, es decir, de la catalana Compañía del Asiento de Jarca. Se realizaron cuatro betas de tres pulgadas de diámetro compuestas de las siguientes especies de cáñamo: una de fibra de canal, una de canal mezclada con segunda especie sin limpiar, una de canal mezclada con segunda y tercera especie también sin limpiar concienzudamente y, por último, una realizada con cáñamo de segunda y tercera especie mezclada pero perfectamente limpia de estopas y desperdicios. De esta forma, el marino alicantino pretendía añadir en la industria española del cordaje naval las prácticas que había obtenido de su espionaje de las fábricas inglesas.

**Tabla 1:
Datos de las betas fabricadas entre el 16 y el 17 de octubre de 1750**

Especie	Filásticas utilizadas	Diámetro de la beta		Peso en libras en 100 pies
		Pulgadas	Líneas	
Canal	90	3	1,33	24,33
Canal y Segunda	66	3	1	22,75
Canal, Segunda y Tercera	45	3	2	23,75
Segunda y Tercera	66	3	2	22,75

Como patrón se utilizó un pedazo de cabo suministrado por el asiento y que se había fabricado en las dependencias de la Compañía del Asiento de Jarcas en Barcelona. Este trozo serviría para contrastar las diferencias existentes entre el sistema tradicional de manufactura y las modificaciones que Jorge Juan pretendía imponer. A continuación, todas las betas fueron sometidas a pruebas de tensión para obtener cuales presentaban la mejor relación entre precio y fuerza. A continuación exponemos los datos obtenidos en la siguiente tabla de forma.

Tabla 2: Pruebas de resistencia de las betas fabricadas el 16 y 17 de octubre de 1750

Especie	Resistencia de rotura por tracción (en libras)	Elongación (en pies)	Deformación plástica (en pies)	Diámetro final tras la deformación elástica transversal	
				Pulgadas	Líneas
Canal	5.846	22	10	2	8,75
Canal y Segunda	5.096	21	13	2	9,5
Canal, Segunda y Tercera	4.916	25	13	2	10,66
Segunda y Tercera	5.162	22	9	2	11,8
Del asiento	2.415				

Los resultados fueron un completo éxito. La beta más inferior, realizada con la mezcla de las especies de canal, segunda y tercera soportaba un peso cifrado en más del doble que el que aguantaba el cabo manufacturado por el asiento. Esta información era muy importante porque, además, este cabo realizado en Barcelona, tenía un diámetro de 4,5 pulgadas (es decir, 1,5 pulgadas más grande que el de la nueva).

Con los experimentos de Jorge Juan se había aumentado la fortaleza de los cabos y, al mismo tiempo, se había reducido la sección de la jarca por lo que, en consecuencia, el peso de la cabuyería disminuiría. Los beneficios que la Corona obtendría de la implantación del nuevo sistema son enunciados por el propio Jorge Juan: un ahorro considerable en los costos del aparejo de los buques de guerra españoles; una pequeña disminución en la tripulación embarcada al mejorarse la maniobrabilidad de la jarca embarcada; la mayor fortaleza de cabos y cables redundaría en una mayor seguridad de los buques evitando accidentes con el velamen en navegación o en los fondos en puertos y, por último, los barcos aguantarían más vela envergada lo que equivaldría a un pequeño aumento en su velocidad.

2.2. Las innovaciones en las Reglas de Jorge Juan

El propio Jorge Juan y el intendente Francisco Barrero se lo comunicaron a Ensenada⁵. A los pocos días, el 19 de diciembre de 1750, se reci-

bió la aprobación real al proyecto y al reglamento que se había redactado cuidadosamente durante el mes de noviembre⁶. El reglamento elaborado nos da pie a destacar las modificaciones introducidas en la fabricación de la jarca y que, en definitiva, componen el cuerpo principal del presente artículo⁷. Para la difusión de las Reglas Ensenada pidió a Francisco Barrero una nueva redacción de Jorge Juan y que se hicieran tres copias, con supresión de la fecha y la firma, para que fueran enviadas a la Secretaría de Marina.

En concreto, en el artículo tercero Jorge Juan enunciaba con claridad el contenido del experimento central que había dirigido en el arsenal de Cartagena en los meses anteriores. Destacaba que habían mezclado las especies de fibra. La verdad es que esto ya se hacía rutinariamente entre los sogueros españoles porque de la especie de canal (recordemos la fibra de mayor longitud y calidad), dada su escasez, se solía mezclar con la especie segunda, llegándose al extremo de combinarlo incluso con la tercera especie. Lo novedoso, sin embargo, en la regla redactada en Cartagena se centró en establecerlo de forma rígida. En el sentido de que serían sólo las especies segunda y tercera las que se podrían limpiar, siempre después de ser sometidas a una precisa operación de limpieza. Como consecuencia los establecimientos industriales de jarca para uso militar del país sólo producirían piezas de dos tipos: la cabuyería realizada únicamente de canal y, un segundo tipo, la confeccionada con la mezcla de la segunda y tercera especies de cáñamo que recibirá el nombre de *repelada*.

El marino incluyó una tabla donde se hacía referencia a los aprovechamientos que se obtendrían de 100 arrobas de cáñamo (2.500 libras) según su procedencia y que adjuntamos a continuación. En ella es de destacar la calidad conjunta del cáñamo valenciano que ofrecía la mejor relación de obtención de fibra de canal, de *repelada* y menor desperdicio. Además era importante la cantidad resultante de estopa que también era un producto muy demandado en el sector de la construcción naval y en el equipamiento de los buques una vez puestos en servicio (impermeabilización, material para artillería, etc.) y que constituía un importante gasto anual para la Corona.

Tabla 3: Aprovechamiento de 2.500 libras de cáñamo para su transformación en jarca

Origen	Canal	Segunda	Tercera	Estopa	Merma	Desperdicio	Canal	Repelada	Estopa
Granada	665	487	308	353	687	27,48%	26,6%	31,8%	14,12%
Valencia	719	617	575	475	114	4,56%	28,76%	47,68%	19%
Caravaca	430	270	517	487	796	31,84%	17,2%	31,48%	19,48%
Callosa	719	268	502	388	623	24,92%	28,76%	30,8%	15,52%

A continuación se detallaba que el hilado de la filástica debía ser de 4 líneas (8,02 mm) de circunferencia siguiendo el método tradicional de hilar con el cáñamo en la cintura del operario. Tendidas las filásticas sobre las alzas se formarían los cordones con 180 brazas de longitud (302,4 metros), medida suficiente para que, después del corchado de la jarca, la pieza resultante tuviera las dimensiones adecuadas para su servicio en el aparejo del buque (entre 140 brazas -235,2 metros- y 120 brazas -201,6 metros-). Jorge Juan realizó de nuevo una aportación en su reglamento que modificaba sustancialmente la práctica artesana de la cabuyería española de la época, al instruir que el alquitranado se realizara a los cordones y no al cabo o al cable acabado. El marino sostenía que así se garantizaba una mejor impregnación de las fibras de cáñamo, factor que determinaba una mejor impermeabilización durante las tareas que desempeñaría el cordaje en el mar. El proceso final del corchado de la jarca se mantendría igual a como se realizaba en los pequeños talleres peninsulares y Jorge Juan se limitó a destacar el cuidado de determinados elementos (uniformidad en el corchado, regularidad en el giro de las ruedas, etc.) para, finalmente, elaborar unas referencias que debía servir para garantizar la calidad de los cabos y cables manufacturados.

TABLA 4: Tabla de pesos máximos y mínimos para comprobar la fortaleza de la jarcia

Especie	Diámetro		Peso máximo		Peso mínimo	
	Pulgadas	Centím.	Quintales	kg	Quintales	kg
Normal	3	7,218	64	3.072	57	2.736
Repelada	3	7,218	56	2.688	49	2.352
Canal	2	4,812	28	1.344	25	1.200
Repelada	2	4,812	25	1.200	22	1.056

3. Las implicaciones de las Reglas de Jorge Juan

Las Reglas de Jorge Juan fueron comunicadas a los otros arsenales peninsulares para que fueran seguidas estrictamente por los maestros cordeleros que fabricaban la jarcia para los buques militares españoles. Hasta aquí era el interés sobre este texto que en su momento manifesté pero ahora paso a analizarlo desde un punto de vista diferente, ya que me interesa más el calado técnico y económico que representó su adopción por la Armada Real en el Dieciocho.

3.1. Hacer fácil el cálculo matemático

Un aspecto primordial del reglamento sobre fabricación de jarcia debía ser su carácter pedagógico. Si nos atenemos a los conocimientos de la época partimos de la idea de que los artesanos realizaban sus maniobras de forma totalmente empírica. Basando gran parte de sus habilidades en la acumulación de experiencias, transmitidas de maestros a aprendices y en la copia de las mejores prácticas de otros técnicos del cáñamo. Faltaba, pues, un referente claro al que poderse aferrar y que permitiera delimitar con cierta claridad si los cabos que se montaban en los aparejos de los buques tenían la calidad adecuada.

En este sentido, Jorge Juan facilitó un cálculo estimativo que serviría como referencia a los operarios de las fábricas de jarcia para que supervisaran los acabados de las piezas manufacturadas. Hoy en día, quizá parezca excesivamente sencillo, pero hay que reconocer que en su momento debía cumplir perfectamente con su cometido. En concreto, nos refiere el texto que para conocer la calidad del cabo, éste debía ser sometido a una tensión determinada que debía encontrarse entre unas magnitudes dadas. Para ello, el marino alicantino escogió el cabo de canal de 3 pulgadas de diámetro del cual sabía que había aguantado una tensión máxima de 64 quintales -3.072 Kg- y una mínima de 57 quintales -2.736 Kg- (ver la Tabla 4). Para simplificar la operación prescindió de la pulgada, la cual habría provocado la aparición de decimales, inclinándose por una unidad menor, o sea, la línea. Además hacía hincapié en que este cálculo sólo era válido con aquella jarcia que tuviera diámetros cercanos al de 3 pulgadas que él utilizaba de referencia. A continuación utilizaba la fórmula:

$$T = \frac{F}{S}$$

Siendo: T tensión, F fuerza y S sección.

Lo que el artesano conocía era la sección del cabo manufacturado, más ciertamente su diámetro, por lo que Jorge Juan instruí a éste para que multiplicara por sí mismo esta cantidad, obteniendo su cuadrado. Prescindió de π , lo que hubiera arrojado de forma más completa la sección real de la pieza, pero dado que este factor era uniforme, entendió que había que centrarse en el que se modificaba, o lo que es lo mismo, en el diámetro del cabo o el cable. El factor obtenido de 1.296 era el resultado de hallar el cuadrado en líneas del cabo de 3 pulgadas (3 pulgadas * 12 líneas = 36 y, por tanto, $36^2 = 1296$). Resumiendo, el marino alicantino, nos ofrece la siguiente fórmula para calcular aproximadamente los pesos máximos y mínimos que debían sostener los cabos de hasta 3 pulgadas:

$$TM = \frac{PM}{\pi \cdot (d/2)^2}$$

$$Tm = \frac{Pm}{\pi \cdot (d/2)^2}$$

Siendo T tensión (máxima o mínima), PM o Pm peso máximo o mínimo en quintales que aguantó el cabo de canal de 3 pulgadas y d el diámetro de dicho cabo que se referencia a continuación. Incluimos en la fórmula el elemento π aunque Jorge Juan no hiciera referencia a ello para ajustarlo mejor al cálculo real de la Tensión soportada por la jarcia.

$$T = \frac{64}{\pi \cdot (36/2)^2}$$

Llegado a este punto, para el artesano u operario de la fábrica de jarcia debía ser bastante sencillo hallar el peso máximo y mínimo entre los que se debía mover el cabo manufacturado. La operación sería modificar el diámetro propuesto (36 líneas) por el que tuviera el cabo que se debía probar. En el ejemplo de Jorge Juan trata de una pieza de 31 líneas de diámetro (2,58 pulgadas o 6,2155 centímetros) utilizando la fórmula resultaría.

$$T = \frac{64}{\pi \cdot (36/2)^2} = \frac{PM}{\pi \cdot (31/2)^2}$$

y esto es así supuesto que el material en ambos casos era el mismo, y por ello la tensión que podría soportar será la misma para cualquier diámetro de jarcia. Por tanto, despejando PM obtenía:

$$PM = \frac{64}{1296} \cdot 31^2$$

$$PM = 47,45 \text{ quintales}$$

Seguidamente para calcular el límite inferior de la tensión a soportar por el cabo se utilizaba la misma fórmula sustituyendo el peso máximo por el mínimo.

$$T = \frac{57}{\pi \cdot (31/2)^2} = \frac{PM}{\pi \cdot (31/2)^2}$$

$$PM = \frac{57}{1296} \cdot 31^2$$

$$PM = 42,26 \text{ quintales}$$

Hemos incluido las referencias más usuales utilizadas por Jorge Juan en una tabla para establecer las unidades utilizadas y su relación con el sistema métrico actual.

TABLA 5: Relación entre diámetro y sección de las unidades (pulgadas, líneas y centímetros)

		Diámetro		Sección	
Pulgadas	Líneas	cm	cm ²	pulgadas ²	líneas ²
1	12	2,406	4,55	0,79	113,10
2	24	4,812	19,19	3,14	452,39
2,42	29	5,8145	26,55	4,59	660,52
2,58	31	6,22155	30,34	5,24	754,77
3	36	7,218	40,92	7,07	1.107,88

Por último, hemos utilizado los parámetros facilitados en las Reglas para calcular la tensión máxima y mínima que tenían los cabos de cáñamo realizados según el método de Jorge Juan en 1750. Los cuales representaban para el cabo de 3 pulgadas de mejor calidad, el de canal, un resultado de 75,08 kg/cm² en el máximo y de 65,98 kg/cm² en el mínimo. Por su parte, el cabo del mismo diámetro pero de la especie inferior, es decir, la repelada, obtendría unas cifras de 65,98 kg/cm² en el máximo y de 58,07 kg/cm² en el mínimo.

Tabla 6: Cálculo de la tensión máxima y mínima por kg/cm²

	Unidad	canal	repelada	canal	repelada
Diámetro	Pulgadas cm	2 4,81	2 4,81	3 7,22	3 7,22
Peso máximo	Quintales kg	28 1.344	25 1.200	64 3.072	56 2.688
Peso mínimo	Quintales kg	25 1.200	22 1.200	57 3.072	49 2.688
Sección ($\pi \cdot r^2$)	pulg ² cm ²	3,14 18,19	3,14 18,19	7,07 40,92	7,07 40,92
Tensión máxima	kg/cm ²	73,90	65,98	75,08	65,69
Tensión mínima	kg/cm ²	65,98	58,07	66,86	57,48

El propio autor de las *Reglas* explicaba que estos cálculos no eran rígidos y que servían como referencia. En primer lugar se daba por supuesto que las características del material, la fibra de cáñamo, eran uniformes y, sin embargo, nada estaba más lejos de la realidad. Como hemos anticipado el cáñamo era muy diferente dependiendo de su origen como demuestra la Tabla 3, que ofrece unas desigualdades muy marcadas en el aprovechamiento del material para la confección de cabuyería. Esto no es óbice para que destaquemos, una vez más, el importante valor de estos cálculos para que los artesanos de la época pudieran contrastar de forma empírica el resultado de sus manufacturas.

3.2. El ahorro de la Corona española

Hasta 1750 la Armada Real compraba la jarcia necesaria para sus aparejos directamente al sector privado. Estamos haciendo referencia a los asientos, contratos públicos subastados por la Corona que se llevaba normalmente el mejor postor. En aquel momento, a mediados del siglo, el principal suministrador era la Compañía del Asiento de Jarcias de Barcelona. Dirigida por un gran número de hombres muy importantes del comercio de la ciudad Condal. El contrato en vigor se había firmado en 1740 después de una dura competencia entre la Compañía y el anterior asentista de la Armada, el también catalán Josep Basora i Roger. Fruto precisamente de la dureza de esta negociación los interesados en la contrata rebajaron los precios que se ofertaban a la Secretaría de Marina, fijándose el precio del quintal de jarcia alquitranada 129 reales de vellón.

En consonancia, había que suponer que los experimentos de Jorge Juan deberían haber centrado parte de sus objetivos en ahorrar la sangría económica que suponían los asientos para la Corona. Sin embargo, el marino alicantino informó a Ensenada que siguiendo las *Reglas*, el quintal de jarcia supondría un desembolso para la Hacienda Real de 15 pesos sencillos con 10 reales, es decir, 235 reales de vellón. ¿Cómo se debió recibir esta noticia en el despacho de Marina?. Con el nuevo método se incrementaban los costes de cada quintal de jarcia en un 182 % y, desde luego, teniendo en cuenta las penurias seculares de los fondos públicos, aquel gasto debía ser imposible de afrontar.

Cuando abordamos por primera vez el análisis de estas normativas técnicas redactadas en el arsenal de Cartagena dimos más peso al concepto de industria estratégica que el sector de la jarcia había obtenido desde los medios oficiales de la Corona. Y siguiendo este criterio entendimos que la diferencia de coste se asumió como un "mal menor" necesario para el bien común del país. Ahora podemos profundizar más en lo que significó el establecimiento de la fabricación de jarcia con el nuevo método. Así pudimos constatar que las pruebas realizadas entre diciembre y enero de 1751 en el aparejo destinado al navío *Septentrión* reportaron un resultado sorprendente. Los cabos fabricados según las *Reglas* pesaban aproximadamente la mitad de los proveídos por la barcelonesa Compañía del Asiento de

Jarcias. Esta circunstancia tenía dos lecturas inmediatas que ya anticipamos pero que es obligado que volvamos a destacar aquí. Por un lado, el costo de la jarcia necesaria para el aparejo del buque había que dividirlo por la mitad y dado que se pagaba según el peso, otro tanto había que practicar en el desembolso que la Corona tenía que hacer por este concepto; por otra parte, la disminución de la masa en los cordajes facilitaría su maniobra a la tripulación y, *por ende*, se mejoraría la marcha de los buques. En definitiva, con la reducción en el peso total de la jarcia necesaria para aparejar los buques o trincar la artillería se producía una necesaria disminución en el costo líquido en las compras de ésta. Jorge Juan lo resumió de una forma bien gráfica:

*"Hagase ahora atencion a que se dijo antes que no se necesita mas que la mitad de la jarcia para aparejar los navíos, con esta nueva y se vera que para que monte el coste de un aparejo a lo mismo que el del Asiento, es preziso que el prezio de la jarcia nueva sea duplo deel del Asiento pero el de esta es de 129 reales y su duplo 258 o diecisiete pesos tres reales y aquel no llega a esta suma con diferencia de un peso y ocho reales luego de esta cantidad le estará al Rey mas varato el quintal de Jarcia, que es lo unico que se devia provar"*⁸.

3.3. La implantación de la nueva jarcia y las implicaciones en el aparejo de los barcos

A los pocos días de difundirse el texto de las *Reglas* por los arsenales españoles, se recibieron en la Secretaría de Marina multitud de informes de marinos experimentados que, o bien ponían en duda las ventajas del nuevo cordaje o bien, pedían confirmar o ampliar información sobre las consecuencias que conllevaba aparejar los buques con la jarcia de Jorge Juan. Ensenada se tomó muy en serio estas informaciones y ordenó al intendente de Cartagena que realizara todas las indagaciones necesarias para aclarar todas las dudas. La razón era sencilla, los oficiales y los operarios de las maestranzas entendían, según el texto de las *Reglas*, que la jarcia nueva pesaba menos que la del asiento pero, además, era menos gruesa y este factor sí que era importante para tener en cuenta en la configuración del aparejo del buque.

Según los experimentos, la jarcia construida en Cartagena presentaba una disminución del 43,75 % en la proporción del cáñamo que formaba cada pieza de jarcia. En los informes de Jorge Juan se explicaba que *"las cantidades de cáñamo de las jarcias son como los cuadrados de sus menas"*⁹ y, siguiendo este principio general, los cabos nuevos debían reducir sus menas (diámetro) en una cuarta parte respecto a la cabuyería que se adquirían por contratas en Barcelona. Así, los cabos realizados con cáñamo de canal serían un 36 % más fuertes que los comprados en el asiento mientras que, por su parte, el manufacturado con la especie *repelada* sería un 22% más robusto.

Estas modificaciones tuvieron su repercusión directa en otros elementos del aparejo del buque. Un caso claro era el de los motones que debían aumentar la fortaleza de los pernos para que se adaptaran a la mayor tensión que proporcionaría la jarcia nueva. La decisión a tomar para el diseño de los nuevos motones bascularía entre disminuir su tamaño de forma directamente proporcional a la reducción de la mena de los nuevos cabos, o bien, aumentar su tamaño para que pudieran aguantar los esfuerzos a los que se les someterían. Jorge Juan, sin embargo, propuso que los motones se mantuvieran como hasta el momento o, en todo caso, que se aplicara en ellos una regla sencilla que propugnaba que se fabricaran como si fueran para la jarcia del asiento que, como ya sabemos, era más gruesa que la nueva. Según el marino alicantino, si se adoptaba este último diseño sólo habría que reducir el tamaño de la cajera donde se alojaba la roldana. Sin embargo, esta explicación del autor de las *Reglas* pronto encontró la oposición de técnicos y oficiales de la Armada Real. Oponían que la disminución de la cajera provocaría que cuando el cabo corriera por ella, debido a la fricción, se iría llenando de alquitrán lo que acabaría obstaculizándola. Jorge Juan contestó pacientemente que la disminución de la cajera debía mantener una relación

de 0,25 pulgadas mayor que la mena del cabo que laboraba en ella. Además, añade, las roldanas "deben ser grandes tanto respecto de los pernos, como respecto de los cabos que laborean por ellas". Con lo que siguiendo estos principios el autor de las *Reglas* abogaba por fabricar la roldana con un tamaño cinco veces superior al perno pero, al mismo tiempo, entendía que intentar aplicar estos cambios en la construcción de los motones y que, además, éstos fueran aceptados de buen grado por los contra maestres lo había inclinado finalmente por mantenerlos como se hacían tradicionalmente.

Finalizando sus aclaraciones explicó que se debían realizar con cáñamo de canal los obenques, estayes, contraestayes, brandales, quinales, guindalezas de respeto para los anteriores y sus acolladores, mientras que el resto de la jarcia podía hacerse con *repelada*. Jorge Juan entendía que se debía emplear la jarcia de mejor calidad y aguante en el soporte de los palos del buque.



Detalle de la implicación del cambio de menas en la jarcia del buque (vigotas, obenques y acolladores)



La jarcia y los otros elementos del aparejo de los buques españoles de guerra se modificaron con las *Reglas* de Jorge Juan

4. Conclusiones

Las *Reglas* de Jorge Juan se mantuvieron vigentes en todo el país hasta 1756, fecha en que se aprobó un nuevo método de fabricación desarrollado por el nuevo maestro de la Real Fábrica de Jarcia de Cartagena, Agustín de Urrutia. Este nuevo sistema también se mantendrá durante bastante tiempo, hasta 1777, en que se reguló un nuevo reglamento propuesto por la Junta del arsenal de Cádiz. A pesar de estos cambios en los procesos de transformación del cordaje naval, el reglamento de 1750 no perderá importancia como instrucción básica para la confección de jarcia. Prueba de ello es que todavía en 1782, cuando la Real Fábrica de lino y cáñamo de Nueva España pidió a Madrid un informe en el que se especificara con detalle el proceso de fabricación de jarcia para surtir los buques construidos en América, la Secretaría de Marina y de Indias remitirá unas "Reglas que deben seguirse en la construcción de jarcia y lona, deducidas de los reglamentos propuestos por don Jorge Juan"¹⁰.

Las *Reglas* supusieron un intento muy acertado para uniformizar la producción de jarcia para los buques militares españoles. Se avanzó también en una asignatura pendiente como era la formación de los operarios que trabajaban en este tipo de industrias especializadas. En este sentido debemos destacar de nuevo el esfuerzo en ofrecer un cálculo fácil que sirviera como referente en el proceso de transformación y, al tiempo, en el control de la calidad de los acabados de las manufacturas. Medidas todas enmarcadas en el proceso de mejora de la flota de guerra española abordada por la dinastía borbónica durante el Setecientos.

1. M. Díaz Ordóñez, "La fabricación de jarcia en España. El Reglamento de Jorge Juan, 1750" en C. Martínez Shaw (ed.), *El derecho y el mar en la España moderna*, Universidad de Granada. Granada. 1995. Págs. 395-426.
2. Museo Naval de Madrid (en adelante MNM), (Col. Vargas Ponce) T. 3B Doc. 56, Fol. 224-226. Ensenada a Jorge Juan; Madrid, 16 de agosto de 1750. El Secretario de Marina ordenaba a Jorge Juan que acompañado con los alféreces de navío José de Solana y Pedro de Mora examinara los trabajos en el arsenal de Cartagena.
3. Archivo General de Simancas (en adelante AGS). Secretaría de Marina. Arsenales, Legajo. 318; Jorge Juan a Ensenada; Cartagena; 9 de septiembre de 1750.
4. *Ibidem*.
5. MNM, (Col. Vargas Ponce) T. XXXIV Doc. 204. Fol. 251. Ensenada a Jorge Juan; San Lorenzo el Real, 29 de octubre de 1750.
6. AGS, Secretaría de Marina. Arsenales, leg. 318. De Ensenada a Barrero; Madrid, 29. X. 1750. "Debe formar una instrucción de acuerdo con Barrero de que todo deberá hacerse para el regimen de las Fabricas y manufacturas de la Jarcia".
7. MNM, (Col. Vargas Ponce) T. 3B Doc. 58. Fol. 231-232. Cartagena 20 de diciembre de 1750.
8. AGS. Secretaría de Marina. Arsenales, Legajo. 318; Jorge Juan a Ensenada; Cartagena, 25 de noviembre de 1750.
9. *Ibidem*.
10. R. M. Serrera Contreras, *Lino y cáñamo en Nueva España, 1777-1800*, Sevilla, 1974. Pág. 155.