MANUEL SILVA SUÁREZ, ed.

TÉCNICA E INGENIERÍA EN ESPAÑA

III

EL SIGLO DE LAS LUCES

De la industria al ámbito agroforestal

Jordi Cartañà i Pinén
Vicent Casals Costa
Marco Ceccarelli
Juan Ignacio Cuadrado Iglesias
José Francisco Forniés Casals
Juan Helguera Quijada
Antonio Manuel Moral Roncal
Aurora Rabanal Yus
Antoni Roca Rosell
Julio Sánchez Gómez
Manuel Silva Suárez
Siro Villas Tinoco

REAL ACADEMIA DE INGENIERÍA
INSTITUCIÓN «FERNANDO EL CATÓLICO»
PRENSAS UNIVERSITARIAS DE ZARAGOZA

Publicación número 2.563
de la
Institución «Fernando el Católico»
(Excma. Diputación de Zaragoza)
Plaza de España, 2 • 50007 Zaragoza (España)
Tels.: [34] 976 288878/79 • Fax [34] 976 288869
ifc@dpz.es
http://ifc.dpz.es

FICHA CATALOGRÁFICA

El Siglo de las Luces. De la industria al ámbito agroforestal / Manuel Silva Suárez, ed. — Zaragoza: Institución «Fernando el Católico», Prensas Universitarias; Madrid: Real Academia de Ingeniería, 2005.

576 p.; il.; 24 cm. — (Técnica e Ingeniería en España; III)
ISBN: 84-7820-816-X

1. Industria-Historia-S. XVIII. I. SILVA SUÁREZ, Manuel, ed. II. Institución «Fernando el Católico», ed.

© Los autores, 2005.
© De la presente edición, Real Academia de Ingeniería, Institución «Fernando el Católico», Prensas Universitarias de Zaragoza, 2005.

Cubierta: Bartolomé de Sureda (dib. y grab.): «Máquina para hacer clavos», en *Descripción de las Máquinas de más utilidad que hay en el Real Gabinete de Ellas*, n.º II, Madrid, Imprenta Real, 1798.

Contracubierta: J. Fernando Palomino (fecit): «Máquina para aserrar el Mármol», n.º 3, lám. 3, fol. 9, en la *Colección General de Máquinas escogidas entre las que hasta ahora se han publicado en Francia, Inglaterra, Italia, Suecia y otras partes* (tomo I), de Miguel Gerónimo Suárez, Madrid, Imprenta de Don Pedro Marín, 1783.

ISBN: 84-7820-814-3 (obra completa)
ISBN: 84-7820-816-X (volumen III)
Depósito Legal: Z-3033-2005
Revisión técnica de la obra: Marisancho Menjón
Digitalización: María Regina Ramón, Cristian Mahulea, FOTOPRO S.A.
Maquetación: Littera
Impresión: ARPI Relieve, Zaragoza
IMPRESO EN ESPAÑA - UNIÓN EUROPEA

1

La introducción de nuevas técnicas: de la inmigración tecnológica al espionaje industrial

Juan Helguera Quijada
Universidad de Valladolid

I

La situación de las manufacturas españolas a comienzos del siglo XVIII: desindustrialización y dependencia

A comienzos del siglo XVIII la economía de la España interior –y muy especialmente el sector industrial– seguía bajo los efectos de la fuerte recesión del siglo anterior. No son muy abundantes los datos, pero todos apuntan en la misma dirección. Si tomamos como término de comparación la época de finales del XVI, encontramos que se había producido un desmantelamiento del tejido industrial del país, que era más claramente perceptible en los núcleos urbanos de antigua tradición textil. En efecto, las ciudades castellanas no sólo experimentaron grandes pérdidas de población en el siglo XVII –las de Ávila y Segovia se redujeron a una tercera parte, y la de Toledo a menos de la mitad– sino que además experimentaron cambios muy significativos en su estructura productiva: la población ocupada en las manufacturas y el comercio disminuyó considerablemente, mientras que aumentó la que se dedicaba a la agricultura. El caso de Ciudad Real es bien ilustrativo: entre 1550 y 1751 los empleados en el sector agrario pasaron de representar apenas una tercera parte del total a ser más del 62 %, en tanto que los ocupados en actividades artesanales se redujeron del 40,1 al 18,9 %. Así pues, ruralización y desindustrialización fueron las dos caras del proceso de involución económica que sufrieron muchas ciudades españolas durante el siglo XVII.

En algunos núcleos urbanos, la elaboración de paños de lana, que había sido el factor principal de su crecimiento, prácticamente llegó a desaparecer. Fue el caso de Córdoba, donde, según Fortea, en 1683 apenas se produjeron 100 piezas de paño frente a las 17.300 de cien años antes. Algo similar ocurrió en Cuenca, que había sido uno de los principales focos de penetración de las "nuevas pañerías" en España. En

cambio, otros núcleos textiles, aunque perdieron la mayor parte de su capacidad productiva, consiguieron sobrevivir, lo que con el tiempo haría posible una cierta recuperación. Éste fue sobre todo el caso de Segovia, el más importante centro pañero de Castilla, que, si hacia 1580 llegó a contar con 600 telares en funcionamiento, y a alcanzar un volumen de producción –unas 16.000 piezas anuales– equiparable al de los mayores centros pañeros europeos, como Florencia y Hondschoote, fue perdiendo efectivos durante la crisis del XVII, de forma que en 1691 sólo quedaban 159 telares, es decir, apenas una cuarta parte.

La industria sedera, otra importante manufactura textil, no salió mejor librada. En Córdoba, donde había llegado a tener casi tanta importancia como la pañería, de los 632 telares con que contaba a finales del siglo XVI sólo quedaban en activo 98 en 1714, según Fortea. También Toledo y Granada sufrieron una muy fuerte disminución de su capacidad productiva: entre el 75 y el 90 %.

A diferencia de lo que ocurrió en otros países europeos, no parece que en la Corona de Castilla el declive de las industrias textiles urbanas fuera compensado por el desplazamiento de tales actividades hacia las zonas rurales. Los datos, aunque no son muy abundantes, apuntan a que las manufacturas rurales participaron de la misma tendencia regresiva. Así parece haber ocurrido sobre todo en la comarca cordobesa de Los Pedroches, donde la producción de paños bastos cayó desde unas 7.000 piezas hacia 1588 a tan sólo 200 en 1686. Las cosas no parecen haber ido mucho mejor para la pañería de la sierra de Cameros en La Rioja, de la Tierra de Campos palentina o de los pueblos del sur de Segovia, como Santa María de Nieva y Bernardos. La falta de dinamismo de las industrias rurales habría que atribuirla, según algunos autores, al hecho de que el capital mercantil no se implicó en la organización de la producción manufacturera, y a que la ausencia de comerciantes-empresarios habría impedido que se desarrollase algún tipo de *verlagssystem*.

La desindustrialización –que también se percibiría, sin duda, en muchos otros ramos del sector secundario– se reflejó inevitablemente en una fuerte dependencia de las importaciones. Dicha dependencia existía, al menos, desde mediados del siglo XVI, como consecuencia de la creciente incapacidad de la industria para satisfacer la demanda interna y de la ausencia de una política arancelaria proteccionista, pero se agudizó en la segunda mitad del XVII, debido a los onerosos tratados internacionales que España se vio obligada a firmar con Inglaterra, Holanda y Francia, que contenían cláusulas comerciales muy desfavorables para los intereses de nuestras manufacturas. Y es que las potencias de la Europa atlántica supieron aprovechar su posición de fuerza sobre la España cada vez más debilitada de los últimos Austrias para consolidar sus ventajas competitivas en nuestro mercado nacional y, sobre todo, en el del imperio colonial. Esta situación alcanzó su punto álgido a comienzos del siglo XVIII, a causa de las muy especiales circunstancias en que se desarrolló la guerra de Sucesión.

En efecto, los compromisos que los dos bandos dinásticos enfrentados tenían con sus respectivos apoyos internacionales les obligaron a transigir con las exigencias

comerciales que se les plantearon. Así, en 1707 Inglaterra impuso al archiduque Carlos de Austria la firma de un tratado que otorgaba ventajas sustanciales a las importaciones británicas, dándoles un tratamiento arancelario especialmente favorable y, sobre todo, abriendo el tráfico mercantil con América a través de Cádiz, en las mismas condiciones que los comerciantes españoles. Pero fueron mucho mayores las exigencias que Luis XIV impuso a su nieto Felipe V, y, como consecuencia de ello, según afirma H. Kamen, Francia consiguió hacerse con una posición de incomparable privilegio, tanto en el mercado español como en el colonial americano. Para empezar, en una fecha tan temprana como 1700 el gobierno francés creó un consejo con la finalidad específica de controlar el comercio español, cuyo primer presidente, Michel-Jean Amelot, se convertiría más tarde en el muy influyente embajador de su país ante la Corte de Madrid. En 1702, Felipe V promulgó tres decretos por los que se prohibía todo tipo de comercio con el Imperio austriaco, Inglaterra y Holanda, lo que se extendió incluso a las mercancías que se importaban a través de Portugal. Paralelamente, a Francia se le otorgó la consideración de nación más favorecida, rebajándose sustancialmente los aranceles sobre sus manufacturas.

Este tratamiento privilegiado favoreció sobre todo la importación de productos textiles, que constituían el capítulo principal del comercio francés con España. Desde 1702, los representantes de los intereses franceses presionaron fuertemente para hacerse con el control monopolístico de la exportación de la lana castellana, que, como es sabido, era la materia prima más apreciada para la industria europea de paños de calidad; aunque sólo consiguieron asegurar a los empresarios pañeros de ese país un contingente de 6.000 sacas anuales, a partir de 1705, sí que lograron que en esa misma fecha volviera a prohibirse la importación de manufacturas inglesas y holandesas. Por otra parte, se sabe que tanto los embajadores de Francia en Madrid como los propios ministros franceses de Felipe V hicieron todo lo posible para impedir la recuperación de las manufacturas españolas que pudieran competir con las que se importaban de ese país. A tal fin, dificultaron la inmigración de técnicos y artesanos franceses, y procuraron por todos los medios provocar la ruina de algunas de las primeras iniciativas autóctonas de reactivación industrial, como la Real Fábrica de Paños Finos de Valdemoro o la de Vidrios de Jean Baptiste Pomeraie. Obviamente, este tipo de actuaciones estaban en radical contradicción con la política de reactivación industrial emprendida desde 1679. Pero, según parece, no pudieron aplicarse por completo, entre otras cosas porque la Administración central no controlaba directamente la recaudación de los derechos aduaneros, dado que estaba arrendada a empresas privadas. Además, la política seguida por los primeros gobiernos de Felipe V no estuvo totalmente sometida a los intereses franceses, pues la influencia de los consejeros de esa nacionalidad fue parcialmente neutralizada por la de otros, españoles y flamencos sobre todo, como Macanaz y Bergeyck, a cuyas opiniones el propio rey se mostró más receptivo de lo que cabría suponer. Entre los consejeros españoles, había algunos con experiencia empresarial –Juan de Goyeneche sería el más destacado– que no podían

por menos de ver con hostilidad la subordinación de la política española a los intereses franceses.

Fue también el caso de Gaspar Naranjo, un importante empresario textil sevillano. En vista de la falta de respuesta que había tenido un requerimiento que la Junta de Comercio dirigió en mayo de 1701 a los corregidores y alcaldes de todas las ciudades para que informasen sobre las manufacturas subsistentes en sus circunscripciones, se encargó oficialmente a este personaje que visitase los antiguos núcleos pañeros de la Corona de Castilla para averiguar en qué estado se encontraban y qué posibilidades de reactivación ofrecían. Naranjo recorrió las provincias de Soria, Burgos, Palencia, Cuenca, Toledo, Córdoba y Jaén, y con la información obtenida elevó a Felipe V en 1703 un memorial titulado *Antorcha que alumbra para empezar la restauración económica de España por medio de su comercio interior y fábricas de sus naturales*. Naranjo llegaba a la conclusión de que aún subsistía un denso tejido industrial en aquellos territorios, y que sólo haría falta estimularlo desde la demanda, a través de pedidos oficiales, para conseguir reactivar las manufacturas. Proponía emprender una política de sustitución de importaciones, fomentando las manufacturas que empleaban materias primas autóctonas, como era el caso, sobre todo, de la fabricación de paños en Castilla. Pero, según parece, sus recomendaciones sólo tuvieron repercusiones prácticas a corto plazo. A finales de 1703, el Estado le encargó el aprovisionamiento de una importante cantidad de paños y estameñas para uniformes militares, cuya fabricación se llevó a cabo en pueblos de Burgos, Calahorra, Osma y Palencia. Sin embargo, en 1705 Naranjo todavía estaba esperando que la Junta de Comercio se pronunciase sobre sus planes de industrialización, y todo parece indicar que no se llegó a hacer nada al respecto.

II

La inmigración tecnológica

Una de las principales claves del declive de las manufacturas españolas radicaba en su atraso técnico. Si se había ido perdiendo terreno de forma imparable ante la invasión de los artículos de importación, se debía, entre otros factores, a que eran de peor calidad y/o menos atractivos para los consumidores, y a que sus costes de producción –y, en consecuencia, también sus precios– eran mucho más elevados. La solución más inmediata parecía ser, a juicio de los contemporáneos, la contratación de técnicos y artesanos extranjeros, pues con ello no sólo se conseguiría introducir a corto plazo nuevos productos y/o procedimientos productivos, sino que también se lograría que enseñasen sus habilidades a los trabajadores autóctonos, y, de esa forma, las técnicas más recientes quedarían aclimatadas en nuestro país. Antes de que concluyera el siglo XVII surgieron propuestas para hacer venir a España artesanos extranjeros, con diferentes resultados. En el caso de Cataluña, son bien conocidos los esfuer-

zos de Narcís Feliu de la Penya para introducir la elaboración de géneros textiles flamencos y franceses. También hay constancia de que en Galicia algunos empresarios flamencos, como Adrián de Roo y Baltasar de Kiel, contando con la protección del Estado, fabricaron a partir de 1675 jarcias y lonas en Sada (La Coruña). En cuanto a Castilla, tampoco faltaron iniciativas en este sentido, aunque fueron más dispersas y episódicas. La más consistente fue la promovida por los duques de Béjar en su villa señorial: a partir de 1691 emprendieron una política de reclutamiento de artesanos textiles flamencos que tendría continuidad hasta mediados del siglo XVIII. Según R. Ros, el objetivo inicial fue introducir en Béjar la elaboración de géneros de estambre o lana peinada, del tipo "nuevas pañerías", y, aunque en principio no tuvo, según parece, mucho éxito, fue proseguida hasta que se consiguió arraigar la fabricación de paños finos que constituyeron la principal especialización de ese núcleo textil en el siglo XVIII. Tuvieron menos éxito las iniciativas surgidas en Andalucía en las dos últimas décadas del XVII para revitalizar las decadentes manufacturas textiles urbanas de Córdoba, Granada o Sevilla.

Pero no sólo fue la iniciativa privada la que se preocupó de buscar soluciones para el estancamiento industrial y el atraso técnico, sino que el propio Estado y otras instituciones públicas también se embarcaron decididamente en esa línea, sentando las bases de una tendencia que se mantendría a lo largo de todo el siglo XVIII. El punto de partida suele fecharse en 1679, cuando se fundó la Real y General Junta de Comercio, un nuevo organismo que tendría una importancia decisiva en la instrumentación de la política industrial durante el siglo siguiente. Aún no se han puesto de acuerdo los historiadores sobre la procedencia del estímulo que lo hizo surgir, si fue por imitación del Conseil de Commerce de Colbert, o si se pretendía emular las iniciativas que había puesto en marcha el conde de Ericeira en Portugal durante el reinado de Pedro II. Lo cierto es que la Junta de Comercio fue el agente principal de los intentos de reindustrialización durante las dos últimas décadas del siglo XVII, aunque sus medidas tardaron en surtir efecto, debido a las alteraciones que causaron las drásticas devaluaciones monetarias de 1680 y 1686. Sus esfuerzos se centraron sobre los territorios de Castilla, por lo que pronto se vio la necesidad de crear nuevas "Juntas Particulares de Comercio", de ámbito regional o provincial, en otras áreas con importante tradición manufacturera como Granada, Sevilla, Barcelona o Valencia.

En opinión de H. Kamen, la Junta de Comercio obtuvo uno de sus mejores resultados precisamente en la contratación de técnicos y artesanos extranjeros. Los ejemplos son muy abundantes. En 1683 el flamenco Dieudonné Lambot se comprometió a traer 25 artesanos para establecer manufacturas de vidrio y cristal en San Martín de Valdeiglesias. A partir de 1686 Hubert Marechal, con el respaldo financiero de la Junta, instaló decenas de telares en Cuenca, contribuyendo a la recuperación de ese antiguo centro pañero. Algo similar hicieron los también flamencos Michel de Reveillart y Henry Leconte en Toledo a partir de 1690, mientras que el empresario español Pedro García de Heredia hizo venir a varias decenas de artesanos de la Navarra francesa para

trabajar en la manufactura de bayetas que había establecido en Sigüenza. Como se puede apreciar, la mayoría de los artesanos procedían de Flandes, pues a la tradición industrial de ese territorio se sumaban las no despreciables ventajas de que eran también súbditos de la monarquía española y de religión católica.

Las pautas marcadas por la Junta de Comercio, en lo que se refiere a las transferencias tecnológicas mediante la contratación de expertos extranjeros, no se interrumpieron en los primeros años del siglo XVIII a pesar del cambio de dinastía y de la guerra de Sucesión. Sin embargo, en un principio nada permitía predecir tal continuidad. Muy al contrario, los consejeros franceses que rodeaban a Felipe V traían instrucciones expresas de Luis XIV, como ha documentado Kamen, de hacer todo lo posible por incrementar la dependencia comercial con respecto a ese país. Así, en julio de 1701 el presidente del Consejo de Castilla pidió al ministro de Asuntos Exteriores francés, marqués de Torcy, que autorizase la venida de técnicos y artesanos expertos en manufacturas textiles, así como en la fabricación de vidrios y espejos, sombreros, papel y conservas, pero el ministro rechazó la mayoría de estas peticiones argumentando que el mercado español ya era abastecido por las manufacturas francesas, y que aún lo sería más si, como se preveía, acababa produciéndose la unión dinástica de las dos coronas. Alegaba además que si se permitía la libre emigración de técnicos a España, resultarían gravemente perjudicados los intereses económicos franceses, y sólo dejaba abierta la posibilidad de que se tratase de captar a los numerosos artesanos de esa nacionalidad que residían en Holanda.

Aquella respuesta era muy reveladora de la política que se pretendía aplicar en las relaciones con España, que era la de convertir a nuestro país en un mercado reservado para sus manufacturas, así como en fuente de abastecimiento de materias primas. Esta política de intercambio desigual, que se inspiraba en el principio típicamente mercantilista del pacto colonial, era muy similar a la que por esas mismas fechas había establecido Inglaterra con Portugal en el Tratado de Methuen (1703). El gobierno francés mantuvo su postura durante la guerra de Sucesión, suavizándola tan sólo en lo que hacía referencia a las industrias mineras y metalúrgicas, dado que con sus productos podían contribuir al esfuerzo bélico. Pero ya en los ú1timos años del conflicto, desde el propio gobierno de Felipe V empezaron a surgir iniciativas que se oponían claramente a las interesadas directrices francesas. En 1711, el conde de Bergeick intentó poner en marcha la recuperación de la industria española, haciendo venir a artesanos flamencos de diversas especialidades. Esta iniciativa no dejó de alarmar a los funcionarios franceses, especialmente al embajador Bounac, que pretendió obstaculizarla por todos los medios. A pesar de estas intrigas, Bergeick consiguió traer a 50 tejedores de Bruselas, con los que puso en marcha la fábrica de paños de Valdemoro, bajo la dirección de José Aguado, que fue la primera que se estableció sobre la base de mano de obra extranjera.

Estas iniciativas se afianzaron tras la paz de Utrecht, con la hispanización de la monarquía y del gobierno de Felipe V. La audaz política exterior del cardenal Alberoni

conllevaba un reformismo económico a todos los niveles, para fortalecer el país de cara a la guerra. Su más importante logro en cuanto a la reindustrialización fue la creación de la fábrica de paños de Guadalajara. Hacia 1717, Alberoni concibió el proyecto de establecer una gran fábrica de paños de lana de calidad, con objeto de arraigar y desarrollar este tipo de industria en el país. Seguramente por sugerencia del barón de Ripperdá, embajador de las Provincias Unidas en Madrid, se decidió traer a técnicos holandeses. Alberoni encomendó su búsqueda al embajador de España en Holanda, marqués de Berritilandi, quien a su vez utilizó los servicios del cónsul en Amsterdam, José Manuel de Acosta. Fruto de las primeras negociaciones fue la llegada de 50 tejedores acompañados de sus familias; venían contratados por quince años y, a cambio



1.1. La Real Fábrica de Tapices de Santa Bárbara y los Van der Goten. *Es uno de los primeros establecimientos industriales basados en la inmigración de mano de obra extranjera. Sigue existiendo en la actualidad, en manos de la misma dinastía de artesanos que la fundó. Dibujo a plumilla decimonónico de las desaparecidas dependencias madrileñas; retrato del fundador, Van der Goten, el Viejo (Fábrica de Tapices); y tapiz de su hijo Jacobo sobre Don Quijote en «La abentura de los batanes», h. 1724-1731 (Palacio Real).*

de ventajosas condiciones salariales, se les obligaba a desempeñar su trabajo con perfección y a enseñar sus técnicas a los españoles. Según González Enciso, posteriormente llegaron más holandeses a Guadalajara, en número difícil de determinar.

Durante el resto del reinado de Felipe V, prosiguieron los intentos de atracción de técnicos extranjeros. Agentes activos en ello fueron los embajadores y cónsules españoles en Europa. A las Reales Fábricas de Guadalajara siguieron llegando en gran número artesanos franceses y holandeses. También en la industria metalúrgica fue notable su aportación. Por ejemplo, Pedro Enrique Meuron y Emerico Dupasquier, de origen suizo, contribuyeron decisivamente a la instalación de la Real Fábrica de Hojalata de Ronda, en 1731. Dupasquier reclutó, además, en Alemania a treinta maestros y oficiales metalúrgicos que constituyeron la mano de obra fundamental de esta fábrica.

La política de atracción de técnicos extranjeros culminó a mediados del siglo XVIII, en la época en que Carvajal ocupó la Secretaría de Estado y Ensenada la de Hacienda y Guerra. A pesar de su rivalidad personal, ambos ministros mantuvieron una postura muy similar a ese respecto. Dejando aparte los numerosos expertos en construcción naval que Jorge Juan consiguió reclutar en Londres para los arsenales españoles, quizás los logros más importantes de esta etapa fueron la fundación de la Real Fábrica de paños finos de San Fernando, sobre la base de varias decenas de artesanos irlandeses católicos contratados por Ambrose Berry, y la de la Real Fábrica de tejidos de seda de Talavera de la Reina, cuyo fundador y director fue el lionés Jean Ruliere. Otras reales fábricas de carácter suntuario también se beneficiaron de la afluencia de artesanos foráneos, pues el nivel de calidad de su producción requería una muy elevada cualificación de la mano de obra. Fue el caso de la Real Fábrica de Vidrios de San Ildefonso, donde la afluencia de trabajadores de una misma nacionalidad dejó su impronta en la estructura productiva del establecimiento, que contaba con talleres denominados "de franceses" y "de alemanes", respectivamente, por la procedencia de la mayoría de su plantilla laboral. Por esas fechas, el irlandés Bernardo Ward, funcionario al servicio de la Corona de España, publicó su *Proyecto Económico*, en el que exponía las ventajas que a su juicio reportaría la llegada de técnicos extranjeros –difusión de las nuevas técnicas, incremento de la población y de la riqueza–, proponía dar rango oficial al programa para atraerlos y recomendaba una amplia utilización de la propaganda para contrarrestar los prejuicios que pudiesen tener los extranjeros para venir a España. Este ambicioso programa no llegó a llevarse a cabo porque con la muerte de Carvajal y el cese de Ensenada la política de atracción de artesanos extranjeros perdió a sus principales valedores.

No obstante, la semilla ya estaba echada, y, tras algunos años de relativo descenso de la inmigración, los comienzos del reinado de Carlos III presenciaron una masiva afluencia de técnicos extranjeros. La llegada del nuevo rey en 1759 marcó una pauta bien significativa, pues trajo consigo a buena parte de la plantilla de la manufactura napolitana de Capodimonte, además de una abundante provisión de herramientas y materias primas, con todo lo cual estableció en Madrid la nueva Real Fábri-

ca de Porcelana del Buen Retiro. En esa época no se trataba ya de una inmigración selectiva, organizada y canalizada por los embajadores y cónsules españoles, sino de un fenómeno espontáneo y masivo. Las causas son fáciles de explicar: por toda Europa corrían rumores acerca de los elevados salarios, el bajo coste de vida y las buenas condiciones de trabajo que ofrecía España a los extranjeros. Ante la fuerza de este reclamo, fueron los propios técnicos y artesanos los que por su cuenta y riesgo decidieron acudir. Algunos dirigieron cartas al rey, al secretario de Hacienda o a la Junta de Comercio y Moneda, ofreciendo sus servicios y ponderando sus conocimientos; otros contaron con la protección del embajador de su país en España, pero la inmensa mayoría se presentaba directamente en las reales fábricas y otros centros industriales. Todos ellos, antes de ser contratados, debían demostrar sus habilidades pasando un examen práctico ante una comisión de expertos, designados normalmente por la Junta de Comercio y Moneda. Los que resultaban más cualificados obtenían la autorización real para establecer sus propios talleres o factorías, especialmente cuando ofrecían nuevos productos o aplicaban nuevos procedimientos técnicos. Tanto esta autorización real como la contratación por parte de una industria llevaban habitualmente aparejada la obligación de enseñar sus conocimientos a los naturales del país. En estas condiciones llegaron a España, entre otros muchos, el irlandés John Dowling, director de la fábrica de acero y limas de San Ildefonso; el alemán Francisco Richters, director de las fundiciones de artillería de La Cavada; y el austriaco Juan Jorge Graubner, fundador y director de la fábrica de latón de Alcaraz.

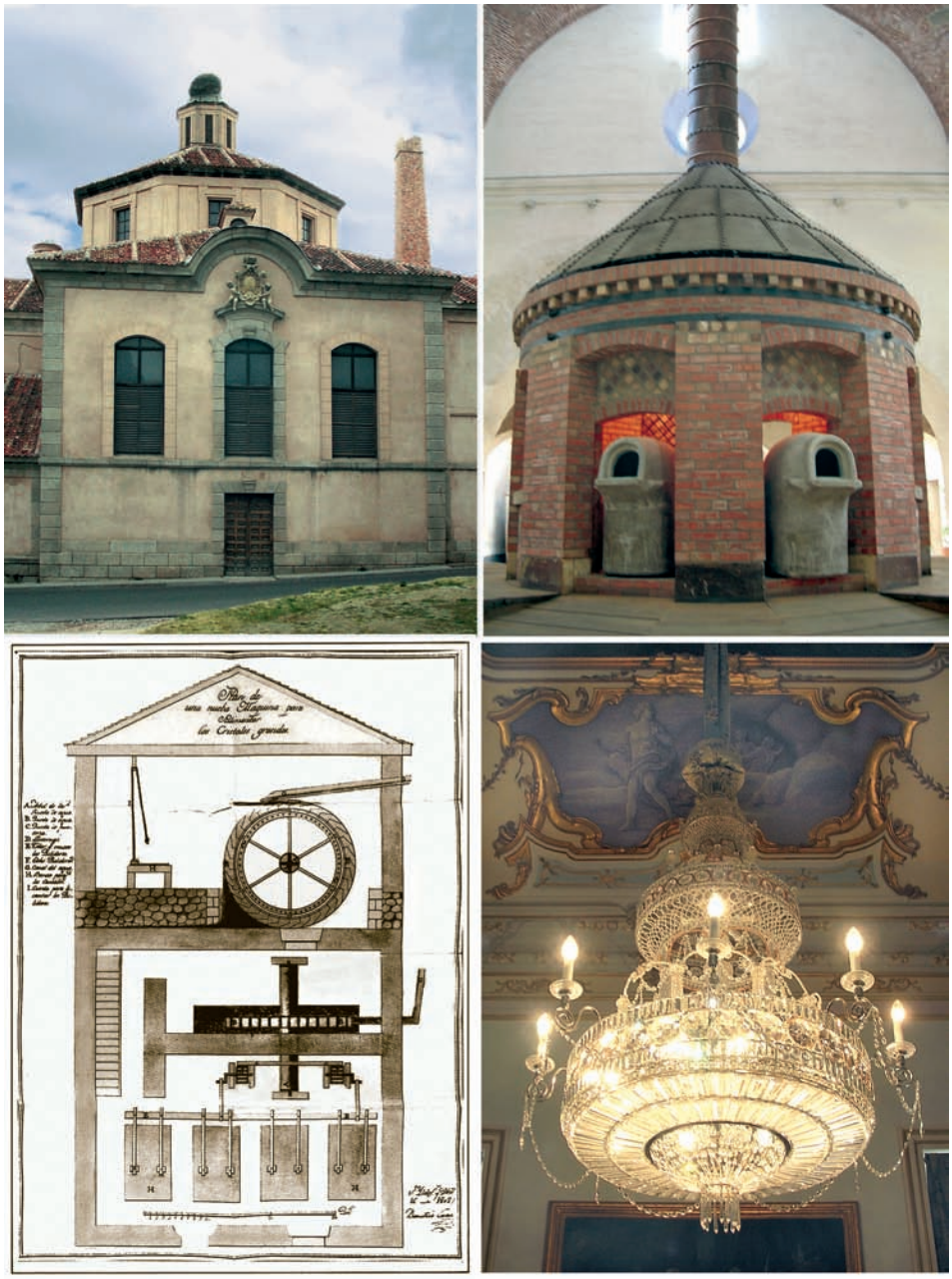
Si bien durante el reinado de Carlos III predominó la inmigración espontánea, el Estado no dejó de recurrir a sus embajadores y cónsules en el extranjero cuando se trataba de hacer venir a algún técnico de excepcionales dotes. Es el caso del franco-suizo Jean Maritz, inspector general de las Fundiciones de Artillería de Francia, en 1766. Para conseguir que viniese a España un personaje tan importante, tuvieron que sumarse los esfuerzos de los secretarios de Estado y de Guerra, Grimaldi y Esquilache, así como los del conde de Fuentes, embajador español en París, quienes llegaron a presionar al duque de Choiseul para obtener de Luis XV una resolución favorable. Maritz fue seguramente el técnico que mejores condiciones obtuvo en su contrato. Durante sus discontinuas estancias en España, entre 1766 y 1775, percibió un sueldo anual de 90.000 reales y gratificaciones extraordinarias por un total de 1.200.000 reales.

Una vez establecidos en el país, y pese a las ventajosas condiciones de que generalmente disfrutaban, los extranjeros padecían a menudo dificultades derivadas de la intolerancia religiosa, la hostilidad de los gremios y los enfrentamientos con los funcionarios que ocupaban cargos administrativos en las reales fábricas. Se trató de eliminar estos obstáculos por medio de la legislación. Así, por una real cédula de 1772, se autorizó a los artesanos extranjeros a ejercer libremente su oficio sin necesidad de pasar por los grados de aprendiz y oficial, con lo que se privaba a los gremios de su principal resorte de poder: el monopolio del trabajo en cada actividad. Por lo que



1.2. Figuras de porcelana de la Real Fábrica del Buen Retiro: *1) El Estanque Grande del Retiro: al fondo se distingue la Fábrica (edificio en U de tres plantas) y el Real Observatorio de Madrid (óleo sobre sarga, h. 1816; Museo Municipal de Madrid); 2)* Aventura galante*, de la primera época (1760-1783), recuerda su filiación con la cerámica barroquizante de Capo di Monte (Nápoles), de donde vinieron los artesanos con Carlos III; 3)* El tiempo*, de la segunda época (1783-1803), de factura claramente neoclásica.*

respecta a la intolerancia religiosa, el comportamiento de las autoridades ante la llegada de artesanos no católicos fue contradictorio hasta que, en el reinado de Carlos IV, se publicó una real cédula que ordenaba que no se molestase a los técnicos extranjeros por sus creencias religiosas, siempre que las practicasen en privado. Hay datos que permiten suponer que esta legislación fue bastante inoperante, especialmente en los pequeños núcleos de población, donde los poderes locales eran más influyentes. En consecuencia, la hostilidad con que frecuentemente fueron acogidos los técnicos extranjeros provocó a menudo que retornaran a su país de origen.



1.3. Real Fábrica de Cristales de la Granja: *1) Fachada principal (crucero oriental); 2) Horno (reconstrucción) con crisoles cerrados; 3) Plano de máquina para pulimentar cristales planos, realizado por Demetrio Crou, 1802 (posterior a la de Juan Dowling, de 1773, se instaló en el propio recinto fabril; Patrimonio Nacional); 4) Lámpara del siglo XVIII instalada en el Palacio Real de la Granja (fot.: M.S.S.).*

En contrapartida, no se puede dejar de mencionar que también hubo, entre los que llegaron, artesanos pícaros y aventureros. John Riley fue un caso típico: este inglés ofreció sus servicios a Carlos III estando encarcelado en Sevilla como prisionero de guerra; tratando de compensar su pésima reputación de gran bebedor con su conversión al catolicismo, negoció un contrato con el rey en noviembre de 1781, por el que se comprometía a establecer y dirigir una fábrica de paños a cambio de un salario anual de 9.000 reales. El proyecto de Riley no llegó a plasmarse en ninguna realización concreta, y en 1801 la Real Hacienda descubrió que este individuo había estado percibiendo sus salarios durante veinte años, sin que durante los últimos diez hubiese trabajado nada en absoluto.

III

El espionaje industrial

Se trata, sin duda, de una de las prácticas más antiguas y generalizadas para tratar de acceder al conocimiento de nueva tecnología, aunque su eficacia para difundirla y asimilarla haya sido dudosa. En el caso español, se pueden detectar actividades más o menos asimilables al espionaje industrial al menos desde el siglo XVI, pero no se puede hablar de verdaderas misiones, perfectamente organizadas y planificadas, hasta mediados del XVIII. Ya en la primera mitad del siglo empezaron a descubrirse los inconvenientes de una política de transferencias de tecnología basada en la inmigración de técnicos extranjeros. Además de la resistencia a revelar sus procedimientos y habilidades, que trataban de mantener en secreto como su patrimonio personal más valioso, pronto se pudo constatar el fracaso del principal objetivo perseguido: no se logró aclimatar la tecnología importada porque los técnicos no fueron capaces, salvo excepciones, de transmitir sus conocimientos a los aprendices españoles. Ello trajo consigo una consecuencia aún más grave: que tampoco se consiguió generar una dinámica autóctona de desarrollo tecnológico, pues, cuando los inmigrados retornaban a su país de origen, fallecían o se jubilaban, se perdían los conocimientos que no habían transmitido, o bien se fueron quedando obsoletos ante los nuevos avances de la industria europea.

No es de extrañar, por tanto, que se tratase de complementar esta política con el envío de artesanos o ingenieros españoles al extranjero, para ampliar su formación en los más importantes centros industriales y, sobre todo, organizando misiones de espionaje industrial. Estas formas de actuación constituyeron tres estrategias complementarias al servicio de un mismo objetivo, hasta el punto de que cada una de ellas era la prolongación natural de las otras dos, de forma que no pueden estudiarse separadamente, aunque hay que admitir que su importancia relativa fue diferente en cada etapa.

Según Sarrailh, la práctica de pensionar viajes y estancias de formación de técnicos españoles en otros países tiene su origen en un real decreto de Felipe V, de 4 de

julio de 1718. Sin embargo, hasta mediados de siglo no empezó a aplicarse de forma sistemática y generalizada, en estrecha relación con las primeras misiones de espionaje industrial, puesto que con frecuencia sirvieron de "cobertura" visible para camuflarlas ante las autoridades extranjeras. También, inversamente, muchos de los españoles que ampliaban estudios por cuenta del Estado se dedicaron, de forma más o menos ocasional, a ese otro tipo de actividades. Baste mencionar dos ejemplos: en 1776 la Junta Particular de Comercio de Barcelona decidió pensionar a tres jóvenes catalanes –Guillemot, Brugarolas y Masferrer–, a quienes se sumaría el aragonés Tomás Pérez, para que durante cuatro años permaneciesen en Francia aprendiendo diversos oficios. Estos cuatro artesanos fueron colocados bajo la supervisión del cónsul de España en El Havre, quien se ocupó de introducirles en "buenas fábricas", donde actuaron como verdaderos espías. Por otra parte, el conde de Floridablanca dio un gran impulso a los viajes de ampliación de estudios por Europa. Ocupa un lugar muy destacado el célebre "equipo hidráulico" que se constituyó en París a finales de la década de 1780 bajo la dirección de Agustín de Betancourt, y a cuyos componentes se encomendó en algún momento la adquisición de nuevas técnicas.

Fue a partir de 1749 cuando, por iniciativa del marqués de la Ensenada, se organizaron los primeros viajes de espionaje industrial, que fueron protagonizados, como es bien sabido, por los marinos Jorge Juan y Antonio de Ulloa. No es exagerado dar tal calificativo a esos viajes, puesto que fueron minuciosamente preparados; se redactaron instrucciones en las que se fijaba el itinerario, las estaciones y los objetivos que se deberían cubrir; se previno a los embajadores y cónsules españoles para que les facilitaran el desempeño de sus misiones; y se les entregaron códigos secretos para que pudieran cifrar su correspondencia con Madrid. Los objetivos de ambas misiones eran principalmente tres: obtener información sobre las técnicas y la organización de las industrias de construcción naval; enterarse de la política practicada por los países de su recorrido en materia de comercio con el imperio colonial español; y averiguar qué medidas se aplicaban en esos países para fomentar el crecimiento de sus manufacturas, especialmente de aquellas que competían con las españolas, tanto en el mercado peninsular como en el americano.

En el caso de Jorge Juan, su destino era la capital británica, y su primer objetivo, según la instrucción reservada que se le entregó, contratar a algunos de los mejores constructores navales ingleses, así como a destacados maestros en la fabricación de jarcias, lonas e instrumentos náuticos, para los arsenales españoles. Además, debería ocuparse de otras muchas cuestiones, desde informar sobre posibles expediciones británicas para ocupar las islas Malvinas, hasta dar cuenta detallada de la política vigente en materia de aranceles y comercio exterior, pasando por averiguaciones sobre técnicas industriales concretas, como «la composición del más fino lacre» o la manufactura de paños, bayetas y sempiternas. La cobertura de su misión era un viaje de estudios, para lo cual se hizo acompañar de dos jóvenes guardiamarinas. La estancia de Jorge Juan en Londres se prolongó durante más de un año y estuvo sembrada



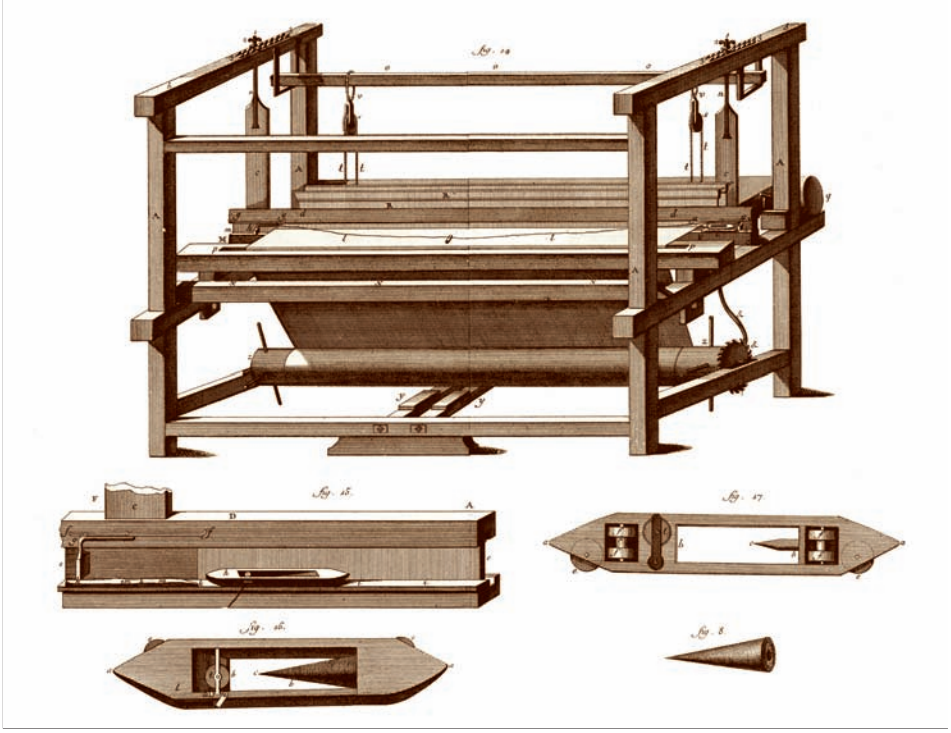
***1.4. Tres ilustres espías industriales de la segunda mitad del siglo XVIII: Antonio de Ulloa (1718-1795)**, marino, científico e ingeniero singular (Museo Naval de Madrid, 1785, inv. 758); **Tomás Pérez Estala (1754-1829),** maquinista real, impulsor de la introducción de la máquina de vapor para achicar agua en las minas de Almadén (Francisco de Goya, h. 1798; col. particular, Madrid); y **Fernando Casado de Torres e Yrala (1754-1829),** comandante General de Ingenieros de la Armada, activo en proyectos como la siderurgia con carbón mineral en Asturias o sierras movidas por máquina de vapor en el Real Arsenal de la Carraca (Museo Naval de Madrid, inv. 663).*

de vicisitudes; varias veces estuvo a punto de ser descubierto, lo que le obligó a cambiar de identidad y domicilio. Pese a todo, consiguió cumplir la mayor parte de sus objetivos, especialmente por lo que se refería a hacer llegar a España a técnicos en construcción naval.

El viaje de Antonio de Ulloa tenía planteamientos menos concretos. Estaba previsto que transcurriera sobre todo en Francia, pero también incluía recorridos por los Países Bajos y Escandinavia. Igualmente se adoptó como cobertura para esta misión un viaje de estudios, por lo que se hizo acompañar de tres jóvenes militares en formación. La primera etapa del viaje transcurrió por el sur de Francia durante el otoño de 1749; además de visitar el Canal del Languedoc –sobre cuyo modelo se proyectaría poco después el Canal de Castilla–, recogió importante información sobre las industrias pañeras de Carcasona, de resultas de lo cual hizo llegar a España la primera descripción –acompañada de un plano detallado– de un telar con lanzadera volante, mecanismo recientemente patentado por John Kay, que permitía duplicar la productividad del tisaje. También estuvo en el gran centro sedero de Lyon, donde se informó a fondo sobre la organización productiva de esta industria. Desde allí, aunque no estaba previsto inicialmente, se dirigió hacia Ginebra, donde trabó contacto con el céle-

bre relojero Jacques François de Luc, al que consiguió convencer para que se trasladase a España. Ulloa llegó a París en enero de 1750, y allí permaneció hasta mediados de abril. Sus dos mayores logros fueron la contratación del ingeniero Charles Le Maur, que tendría un papel muy importante en la puesta en marcha del proyecto del Canal de Castilla, y la visita a la fundición de artillería del Arsenal, donde tuvo ocasión de presenciar el funcionamiento de las máquinas de barrenar cañones fundidos en sólido, fruto de lo cual fue la elaboración de un plano y una maqueta de una de dichas máquinas, que fueron remitidos a España.

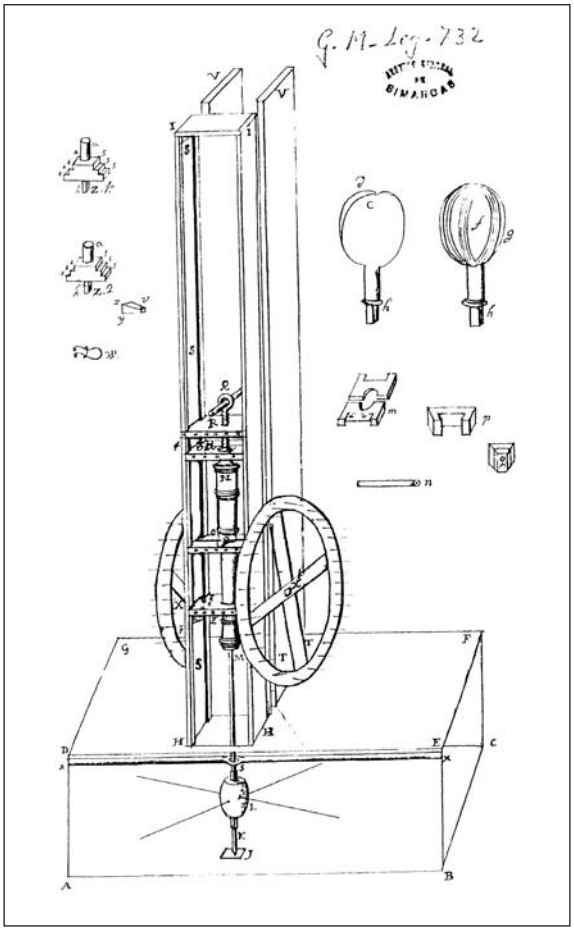
Durante la primavera y parte del verano de 1750, Ulloa recorrió las costas de Normandía y Bretaña, prestando especial atención a los arsenales de la Marina y a la actividad comercial de puertos como Rochefort, Nantes o Lorient, así como a las manufacturas textiles de Rouen, que tenían en España uno de sus principales mercados exteriores. Regresó a París a mediados de agosto, y durante su segunda estancia en la capital, al tiempo que redactaba las memorias de su viaje, se interesó por otros asuntos: desde unos relojes de nueva invención, presentados a la Academia de Ciencias por un tal Ribaz, hasta un extenso informe sobre la red de caminos de Francia, pasando por la remisión de un modelo a escala de un nuevo tipo de torno para hilar la seda.



1.5. Telar de paños con lanzadera, *del mismo tipo de los que en misión de espionaje industrial vio funcionar Antonio de Ulloa en Carcasona.*

A comienzos de 1751, Ulloa empezó a preparar la siguiente etapa de su viaje, que transcurriría por los Países Bajos, pero que se abrevió considerablemente a instancias del marqués de la Ensenada. Se puso en marcha en marzo y antes de cruzar la frontera, camino de Flandes, estuvo en la célebre manufactura real de paños de Abbeville. Una vez en Holanda, aparte de gestionar la contratación de seis maestros en la fabricación de jarcias y lonas para los arsenales españoles, así como la de dos expertos en trabajos hidráulicos, con destino a las obras de regadío de las vegas de Lorca y Granada, visitó la fundición de artillería de La Haya, donde pudo constatar que también se había implantado con éxito la nueva técnica de barrenado de cañones fundidos en sólido.

A mediados de agosto se dirigió hacia los países escandinavos. Llegó a Copenhague a finales de ese mes y tuvo ocasión de adentrarse en los arsenales de la Marina. También se interesó por la política de fomento de la industria textil, a través de es-



***1.6. Barrena vertical de la fundición del Arsenal de París**, dibujo de A. de Ulloa en misión de espionaje, 1751 (Archivo General de Simancas, M. P. y D. XLVI-22).*

tímulos indirectos a la iniciativa privada, que había obtenido buenos resultados a pesar de trabajar con lana importada, procedente en su mayor parte de España. Mayor relieve tuvo su estancia en Suecia, pues la efectuó no ya como espía sino casi como huésped oficial, llegando a ser recibido por los propios reyes, gracias a los buenos oficios del embajador español, marqués de Grimaldi. Lo más interesante fue la visita al arsenal de Karlskrona, pues tuvo ocasión de observar el funcionamiento de un gran dique de carenar en seco, una nueva técnica de construcción naval que años más tarde se introduciría en los arsenales españoles.

El periplo europeo de Ulloa concluyó en Prusia, donde llegó a ser recibido en audiencia privada por Federico II en Potsdam, acompañado por el célebre matemático Maupertuis, presidente de la Academia de Ciencias de Berlín. A finales de noviembre de 1751 Ulloa y sus acompañantes emprendieron el regreso. En París les esperaba una orden del marqués de la Ensenada por la que se les mandaba visitar las principales minas de azogue y plata centroeuropeas, con objeto de averiguar si los procedimientos que se empleaban en ellas eran susceptibles de aplicarse en Almadén y en las minas americanas. Ulloa trató de convencer al ministro de que no tenía sentido prolongar el viaje más tiempo, y sin esperar respuesta, partió con destino a España, adonde debió de llegar a comienzos 1752, más de dos años después de su partida.

Los resultados de estos dos primeros viajes de espionaje industrial fueron muy prometedores –lo que se debió, en buena medida, a la capacidad y cualificación de sus protagonistas–, especialmente en lo tocante a la introducción de las nuevas técnicas de diseño y construcción naval en los arsenales españoles. Por ello, en los años siguientes el marqués de la Ensenada promovió la realización de otras tres misiones, que corrieron a cargo de cinco oficiales de artillería: Enrique Enriqui, Dámaso Latre, Agustín Hurtado, José Manes y Francisco Estachería. Tenían como objetivo principal la recogida de información acerca de las nuevas técnicas de fabricación de cañones, pero sus resultados prácticos, al menos a corto plazo, fueron muy poco relevantes.

El primero de estos viajes puede considerarse una especie de prolongación del de Ulloa. Este último, antes de salir para Francia, visitó la fundición de cañones de bronce de Barcelona y remitió a Ensenada informes sobre los procedimientos de refinación del cobre americano, que allí se empleaba como materia prima. A su llegada a Marsella se encontró con una carta del ministro en la que, al tiempo que le mostraba su satisfacción por dichos informes, le animaba a seguir asesorándole sobre ese tipo de cuestiones. Pero Ulloa declinó la propuesta, por falta de tiempo y de preparación técnica suficiente para ocuparse de tales asuntos; y le propuso que fuera Enrique Enriqui, un teniente de minadores que había conocido en Barcelona, quien lo hiciera, pues, a su juicio, era la persona más indicada para recorrer las principales fundiciones de artillería europeas y reunir información sobre las últimas novedades en materia de refinación y aleación de metales. Ensenada aprobó la propuesta y encargó a Ulloa que redactara la instrucción para el viaje de Enriqui, mientras éste llegaba a París para reunirse con él.

Dicha instrucción establecía con claridad el objetivo del viaje: «Imponerse en cuanto fuese conducente a perfeccionar los metales, tanto de cobre como de hierro, para la fundición de artillería». El itinerario comprendería tres etapas: la primera se iniciaría con una breve estancia en París, proseguiría por las regiones de Alsacia y Lorena, donde Enriqui debería visitar las minas de cobre más importantes, así como las fundiciones de artillería de Estrasburgo y Metz, y concluiría en Holanda; la segunda etapa abarcaría los países escandinavos, especialmente Suecia, donde habría de ver las minas de cobre de Falun y Copperberg, y concluiría en San Petersburgo; la última etapa transcurriría por las regiones mineras de Prusia, Austria y Hungría, y acabaría en el norte de Italia, desde donde debería regresar a España. La duración estimada del viaje sería de algo más de dos años, hasta el verano de 1752.

Enriqui llegó a París en marzo de 1750 y permaneció allí casi tres meses, sin que apenas haya quedado testimonio de su actividad. A continuación visitó minas de cobre en Lorena y el Electorado de Tréveris, así como las plazas militares de Estrasburgo, Metz, Vessel y Delft, en cuyos parques de artillería tuvo ocasión de comparar las características y calidades de los cañones fabricados en Francia, Alemania y Holanda. Sorprendentemente, ello le llevó a la errónea conclusión de que todos eran inferiores a los que se hacían en España, tanto en su diseño y construcción como en la aleación de metales. Según Enriqui, la supuesta superioridad de la artillería europea sobre la española no residiría en la calidad material de los cañones sino en la capacitación de los oficiales. Por tanto, decidió prestar más atención a la organización y a la enseñanza en las academias de artillería que a los aspectos técnicos de la fabricación, lo que era una manifiesta contravención de las instrucciones recibidas para el desarrollo de su misión. En cuanto llegó a La Haya, escribió a Ensenada pidiéndole que accediese a cancelar la segunda etapa de su viaje, alegando que no creía que fuese a aprender nada nuevo en los países escandinavos sobre la minería y la metalurgia del cobre. A fines de 1750, Ulloa le comunicó que el ministro había accedido a su pretensión pero que, en contrapartida, se había decidido enviarle de inmediato a Inglaterra, donde ya se le instruiría sobre lo que debería hacer.

Quizás este inesperado cambio de planes tuvo que ver con la posibilidad de encargar a Enriqui alguno de los asuntos que había dejado pendientes la precipitada marcha de Londres por parte de Jorge Juan, pocos meses atrás. Pero lo cierto es que si hasta entonces Enriqui había dado muestras de escasa diligencia en el desempeño de su misión, tan pronto como llegó a Londres se demostró abiertamente incapaz. Como ni siquiera conocía el idioma, el embajador español le tuvo que asignar un intérprete, y permaneció allí varios meses a la espera de que se le diesen instrucciones concretas, en una inactividad casi completa. En vista de que las instrucciones no llegaban, recurrió a Ensenada y a Ulloa, hasta que el ministro dio orden de que regresara a España. Enriqui llegó en mayo de 1751 y fue recibido muy fríamente por Ensenada, lo que él atribuyó a la pérdida de las memorias de su viaje. El ministro le encargó redactar un informe sobre los tipos de máquinas que se empleaban en las fábricas de artillería

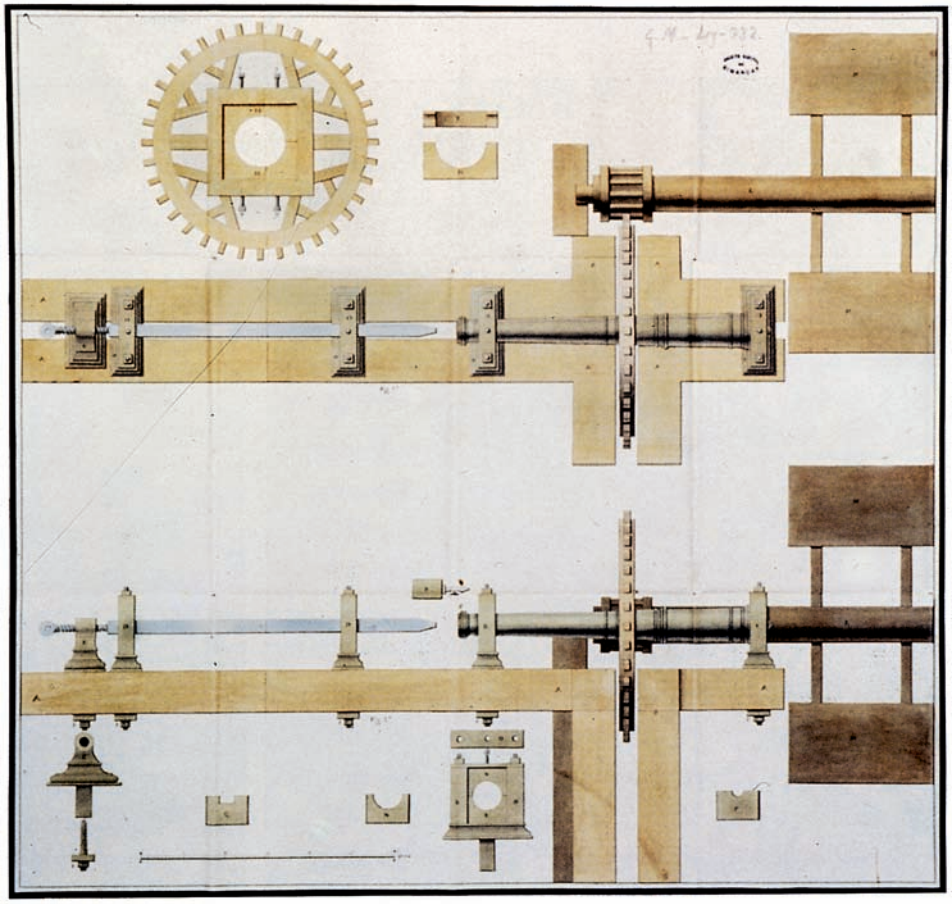
europeas para barrenar los cañones fundidos en sólido, pero Enriqui cumplimentó tan mal el encargo que ya no volvió a ser requerido para ningún otro trabajo.

A finales de 1750, cuando ya empezaba a ser evidente el fracaso de la misión de Enriqui, en la Secretaría de Guerra debió de hacerse una seria autocrítica de la improvisación y el apresuramiento con que se había organizado, así como de la incompetencia de su protagonista. De esta reflexión, y de la persistente necesidad de llevar a cabo la modernización técnica de la artillería española, surgió la iniciativa de organizar un gran viaje de espionaje industrial que, abarcando la mayoría de los países europeos, proporcionase a las autoridades militares españolas una visión general sobre los avances tecnológicos más recientes, tanto en el ámbito de la fabricación de material de artillería como en el de las industrias mineras y metalúrgicas, en general. Se eligió a cuatro jóvenes militares de muy diversa procedencia y formación, aunque, con vistas al viaje, todos ellos fueron nombrados comisarios extraordinarios de artillería con grado de capitán. Se decidió que estos oficiales efectuasen el viaje de dos en dos, y en enero de 1751 se entregó a cada pareja una instrucción en la que se detallaba el itinerario y los objetivos concretos de su misión.

La pareja formada por Dámaso Latre y Agustín Hurtado debería viajar por el norte de Europa, desde Londres hasta San Petersburgo, pasando por Dinamarca y Suecia, y su objetivo principal era recoger información sobre una nueva aleación de metales que se estaba probando en Londres y que, al parecer, permitía fabricar cañones de gran resistencia y un peso inferior al habitual. En abril de 1751 ya se encontraban en la capital británica; durante los primeros meses de su estancia se dedicaron a dicho objetivo e incluso consiguieron entablar negociaciones directas con los inventores de la aleación para adquirir el secreto de su composición. Pero no se pudo llegar a un acuerdo por las desmesuradas pretensiones económicas de aquéllos. Los dos comisarios permanecieron en Londres durante más de dos años, con muy escasos resultados. Latre se dedicó principalmente a trabar relación con proyectistas y supuestos inventores, mientras que obligaba a su compañero Agustín Hurtado a recoger información sobre aspectos organizativos del Ejército británico, de nulo o muy escaso interés.

A mediados de 1753 marcharon a Holanda, pese a que no estaba inicialmente previsto, porque Ensenada les encargó negociar con el inventor de un instrumento óptico que mejoraba la puntería de los cañones. Pero tampoco consiguieron ningún resultado. Prosiguieron hacia Dinamarca, aunque su viaje estuvo a punto de cancelarse debido a que acababan de romperse las relaciones diplomáticas con ese país. Su estancia allí fue muy breve y tampoco aportó ninguna información tecnológica de interés. Después salieron por separado hacia Estocolmo, pues la incompatibilidad personal entre ambos oficiales había llegado a extremos irreconciliables. Aunque permanecieron en Suecia más de medio año, los frutos tecnológicos de tan prolongada estancia fueron realmente insignificantes: solamente dos breves memorias, sobre un nuevo tipo de cañón de hierro forjado y sobre una especie de barcazas artilladas

que se empleaban en aquel país para la defensa de los puertos. Las relaciones entre ambos siguieron deteriorándose, y como los rendimientos de la misión eran muy pobres, Hurtado decidió pedir al ministerio la cancelación del viaje. Ensenada tardó en expedir la orden correspondiente, de forma que cuando ésta llegó a Estocolmo, los viajeros ya habían partido hacia San Petersburgo, adonde llegaron a mediados de agosto de 1754. Allí recibieron las órdenes atrasadas, así como una posterior por la que se nombraba a Latre para ocupar un cargo administrativo en la Secretaría de Guerra. Antes de regresar a España, tenían que pasar por Freiberg para encontrarse con los otros dos oficiales que estaban efectuando un viaje paralelo al suyo. Allí se separaron definitivamente sus caminos. Mientras que Latre se dirigió a España, pasando por Viena y Génova, Hurtado trató de quedarse algún tiempo para cursar estudios en la



1.7. Plano de una barrena horizontal de la fundición de Estrasburgo, *para perforar cañones fundidos en sólido. Dibujado por José Manes y Francisco Estachería en misión de espionaje, 1751 (AGS, M. P. y D., XXXV-7).*

Bergakademie, pero cayó gravemente enfermo y tuvo que permanecer varios meses en Dresde, no pudiendo regresar a España hasta agosto de 1755.

La otra pareja del gran viaje promovido por Ensenada estuvo formada por José Manes y Francisco Estachería. Las principales etapas de su recorrido eran Francia, Suiza, Piamonte, Austria y Holanda. En cuanto a los objetivos generales del viaje, cabe suponer que serían muy similares a los del de Latre y Hurtado, dado que ambas misiones se organizaron de forma coordinada; aunque es muy posible que también se les hiciera algún encargo específico relacionado con el nuevo procedimiento de fundición de cañones en sólido.

Manes y Estachería llegaron a París en marzo de 1751, y allí permanecieron cerca de siete meses. No tenemos muchos datos sobre su actividad, porque la clave cifrada en la que debían redactar sus informes les llegó cuando estaban a punto de concluir su estancia. Pese a ello, sabemos que su principal logro consistió en haber podido observar con mucho más detenimiento que Ulloa el funcionamiento de las máquinas de barrenar del arsenal. Ello les permitió elaborar dos grandes planos a escala de aquéllas, así como reproducciones en madera de algunas piezas, acompañadas de una extensa memoria. También remitieron a Ensenada un ejemplar del célebre tratado de Reaumur sobre la transformación del hierro forjado en acero, así como una memoria sobre los procedimientos que se empleaban en Francia para reutilizar el hierro colado de desecho. Recogieron, por otra parte, noticias misceláneas, de las que sólo dos tenían relación directa con la metalurgia: el descubrimiento de un nuevo mineral de extraordinaria densidad en la América española –que con toda probabilidad no era otro que el platino, que ya había sido descrito por Jorge Juan y Ulloa en la relación de su viaje por la América meridional– y un informe sobre los métodos que se empleaban en las Manufacturas Reales de Saint-Gobain para azogar los espejos.

En el otoño de 1751, Manes y Estachería se dirigieron hacia el este de Francia al objeto de ver las academias de artillería de Estrasburgo, La Fere y Grenoble. Desde el punto de vista tecnológico, lo más fructífero fue la detenida visita que efectuaron a la fundición de artillería de bronce de Estrasburgo, una de las más modernas de Europa, pues apenas hacía diez años que Jean Maritz hijo había dirigido la renovación de sus instalaciones y había implantado el método de fundición en sólido inventado por su padre. Los enviados españoles remitieron a Ensenada un plano y una maqueta de una de las nuevas barrenas de tipo horizontal que Maritz había instalado, cuyo funcionamiento era más preciso que el de las barrenas verticales que habían visto hasta entonces y, además, eran impulsadas por energía hidráulica. También enviaron dos planos de los hornos de aquella fundición, con una extensa memoria explicativa en la que destacaban las ventajas de su diseño con respecto al de las españolas. Pero el fruto más importante de esta visita fue, sin duda, la elaboración de dos esclarecedores estudios comparativos: uno sobre los diferentes procedimientos de fundición de cañones; y otro sobre las ventajas que presentaban los cañones franceses con respecto a

los españoles, que, a su juicio, radicaban en que su peso era menor, debido a que estaban menos reforzados.

En los primeros meses de 1752 recorrieron los cantones suizos, deteniéndose sobre todo en Berna, donde tuvieron la oportunidad de visitar la fundición de artillería y de entrevistarse largamente con su director, Samuel Maritz, hijo mayor del inventor del procedimiento de fundición en sólido. A finales de abril llegaron a Turín, donde permanecieron casi medio año. Salvo algunas noticias sobre los métodos de elaboración del acero en el norte de Italia, no fue muy interesante la información tecnológica que recogieron. Sin embargo, fue allí donde oyeron hablar muy elogiosamente de la Bergakademie de Freiberg, y ello les dio la idea de pedir a Ensenada que les permitiese cursar estudios en aquella institución, lo que daría a su viaje un giro tan decisivo como imprevisto. Ensenada acogió favorablemente su petición, pero con la advertencia de que al concluir sus estudios deberían recorrer las principales minas de Alemania, tal como estaba previsto en su instrucción.

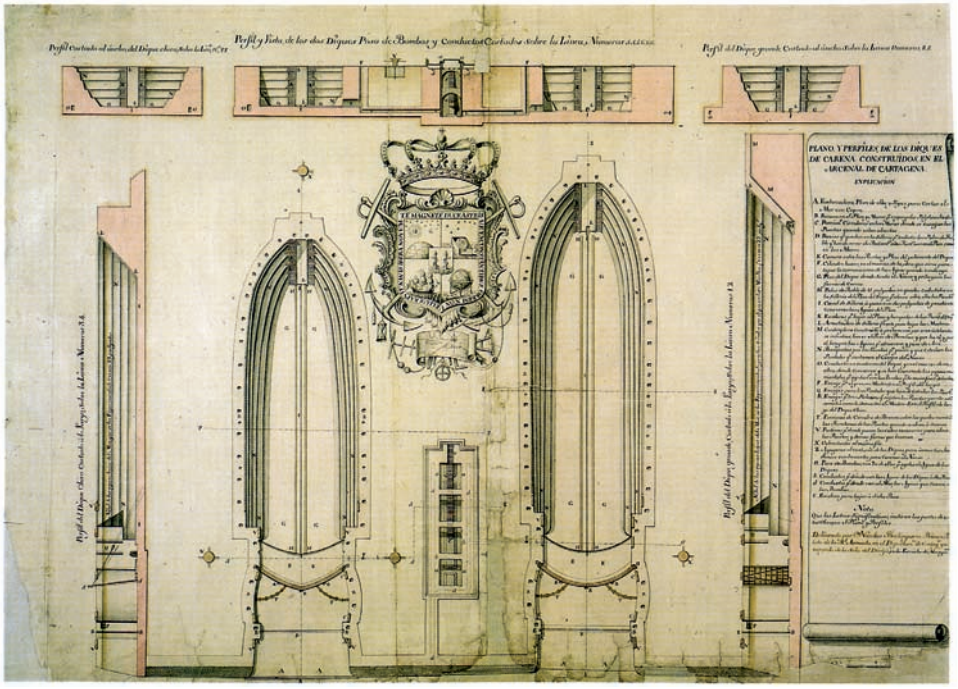
Desde Turín se dirigieron a Viena, y en julio de 1753 se encontraban en Dresde, tramitando los permisos necesarios para estudiar en Freiberg. Manes y Estachería fueron los primeros de una larga lista de jóvenes españoles que acudieron a formarse a la Bergakademie. En ella permanecieron dos años, dejando mientras tanto en suspenso su condición de espías industriales, por lo que redujeron al mínimo su correspondencia con España. Ni siquiera se vieron afectados por la caída política de Ensenada, pues el nuevo secretario de Guerra, Sebastián de Eslava, no sólo no se opuso a que siguieran en Freiberg, sino que además accedió a que después reanudasen el viaje por Alemania y Suecia, como estaba previsto. Efectivamente, desde agosto de 1755 hasta finales del verano del año siguiente visitaron algunos de los principales centros mineros de Alemania, como Goslar y Clausthal; y en octubre de 1756 se encontraban ya en Estocolmo para emprender un recorrido por Suecia. En ello invirtieron casi seis meses, hasta comienzos de la primavera de 1757, lo que suponía completar el itinerario indicado en la instrucción de 1751. Pero Manes y Estachería aún no estaban dispuestos a regresar a España, y solicitaron al secretario de Guerra que les permitiese ampliar su viaje a Inglaterra, pues habían oído que la minería y la metalurgia británicas tenían peculiaridades muy notables, especialmente por lo que se refería a la utilización del "carbón de piedra" como combustible. Se dirigieron a Holanda para esperar allí la respuesta del ministerio, y como ésta fue favorable se apresuraron a trasladarse a aquel país, en julio de 1757. Gracias a ese apresuramiento no tuvieron que regresar a España, pues ya habían marchado a Inglaterra cuando llegó a la embajada española en La Haya una orden por la que se les reclamaba de inmediato para hacerse cargo de la dirección de las minas de Almadén. Permanecieron en Inglaterra casi diez meses, hasta abril de 1758. Lamentablemente, sin embargo, no tenemos ninguna noticia sobre las actividades que desarrollaron, ni sobre las informaciones tecnológicas que eventualmente lograran obtener.

Ni siquiera cuando su estancia en Inglaterra tocó a su fin Manes y Estachería pensaron en el regreso, pues por mediación del embajador de España en París, Jaime Masones, que acababa de ser nombrado director general de Artillería en sustitución del conde de Aranda, consiguieron la autorización para incorporarse como observadores neutrales a los ejércitos contendientes en la guerra de los Siete Años, «para instruirse en el uso práctico de los cañones en los combates». En condición de tales, participaron en la campaña de 1758, pero Masones consideró que no debían seguir arriesgándose innecesariamente, y les hizo regresar a París a finales de ese año para ampliar estudios en las academias de Artillería francesas, bajo su supervisión personal. La segunda estancia de Manes y Estachería en París duró más de un año, pero resultó menos fructífera, al menos por lo que se refiere a la información técnica obtenida. Por fin, en marzo de 1760 el nuevo secretario de Guerra, Ricardo Wall, les ordenó, por sugerencia del propio Masones, que regresaran definitivamente a España. Cosa que no hicieron hasta el mes de junio, pues Manes se encontraba en Lieja visitando una fundición de artillería, y además la vuelta se prolongó más de dos meses, ya que aprovecharon para ver algunas fundiciones de la Marina francesa –probablemente Rochefort y Ruelle– y, ya en España, la fábrica de anclas de San Sebastián, algunas ferrerías de Vizcaya y las fábricas de cañones de Liérganes y La Cavada. No llegaron a Madrid hasta agosto de 1760, cuando ya habían transcurrido casi diez años desde el comienzo de su viaje. Fueron muy bien acogidos por Wall, que les ascendió a tenientes coroneles y les mantuvo como asesores técnicos en la Secretaría de Guerra, con una generosa asignación, hasta mediados de 1761, en que decidió darles la oportunidad de que aplicaran en La Cavada y Liérganes los conocimientos que habían adquirido.

La falta de resultados prácticos inmediatos de los viajes de espionaje industrial promovidos por el marqués de la Ensenada, unida a la propia caída en desgracia de quien había sido su principal impulsor, provocaron una discontinuidad en el recurso a este procedimiento hasta bien entrado el reinado de Carlos III. De hecho, no se reanudaron hasta finales de la década de 1770, con el intento de encontrar una solución al problema de la crisis de la producción útil de las fundiciones de cañones de hierro de Liérganes y La Cavada, debido al fracaso de la implantación del método de fundición en sólido, como explicaremos más adelante. Tales circunstancias impulsaron a la Secretaría de Marina a firmar en 1777 un acuerdo secreto de asesoramiento técnico con la Sociedad Vascongada de Amigos del País, en la época en que el Seminario de Vergara, dependiente de dicha institución, era el mejor centro de estudios químico-metalúrgicos de toda España. Dicho acuerdo incluía la realización de dos viajes de espionaje para recoger información sobre los últimos avances en minería, metalurgia y fundición de cañones. Estas misiones se encomendaron a dos jóvenes socios de la Vascongada: Ignacio de Montalvo, que iría a Inglaterra para tratar de infiltrarse en la fundición de Carron, y Juan José de Elhuyar, que marcharía a Freiberg para cursar estudios en la Bergakademie y posteriormente se dirigiría a Suecia a fin de visitar fun-

diciones de cañones de hierro. Ambos viajes se desarrollaron entre 1778 y 1782 y fueron suspendidos por la Secretaría de Marina a comienzos de 1783, en vista de los escasos resultados que habían aportado.

A finales del reinado de Carlos III se puso en marcha otra importante misión, cuyos protagonistas volvieron a ser dos oficiales de artillería: los capitanes Tomás de Morla y Jorge Guillelmi. La etapa más interesante transcurrió por Gran Bretaña, durante la primavera y el verano de 1789. La información tecnológica que fueron recogiendo fue bastante miscelánea y un tanto superficial, salvo en lo tocante a la industria siderúrgica, de cuyos progresos dejó cumplida constancia Morla en sus *Apuntes autógrafos*, particularmente por lo que se refería a las aplicaciones del carbón mineral y de las máquinas de vapor, así como sobre el nuevo procedimiento de pudelado y laminación de H. Cort. Sin embargo, tampoco tuvo consecuencias inmediatas, a nivel práctico, en la industria española.



***1.8. «Plano y perfiles de los diques de carena construidos en el Arcenal de Cartagena [...] Delineado por Nicolás Berlingero**, Primer Piloto de la Real Armada, en el Departamento de Cartagena y encargado de la Sala de Dibujo en la Escuela de navegación». Diseñados por Jorge Juan, con Antonio de Ulloa el más ilustre espía dieciochesco español, responsable de la concepción del conjunto de Reales Arsenales impulsados por el marqués de la Ensenada; fue el auténtico renovador de la construcción naval hispana. Los diques secos cartageneros son los primeros en el Mediterráneo, mar "sin mareas". Su construcción fue responsabilidad del destacado ingeniero militar Sebastián de Feringán (Museo Naval de Madrid, inv. P-4-7).*

Durante el reinado de Carlos IV prosiguieron los viajes de espionaje industrial, pero el estado casi permanente de guerra con Inglaterra impidió, con raras excepciones, que los españoles pudieran obtener información directa sobre la tecnología británica. La más importante de esas excepciones estuvo protagonizada por Agustín de Betancourt, quien en el curso de una rápida visita a Londres consiguió atisbar brevemente una de las máquinas de vapor que Boulton y Watt habían proporcionado a los Albion Mills, lo que le permitió deducir los principios de funcionamiento de las máquinas de doble efecto. Expuso sus conclusiones en la célebre memoria que presentó a la Academia de Ciencias de París en diciembre de 1789, y gracias a ello se pudo introducir en Francia la fabricación de esas máquinas sin tener que pagar *royalties* a los propietarios de la patente.

Pero lo más frecuente fue que los viajeros y pensionados españoles tratasen de asimilar de forma indirecta la tecnología británica, a través de la observación de sus aplicaciones en Francia. Así ocurrió, por ejemplo, con los métodos de coquización del carbón mineral, para poder emplearlo como combustible en los altos hornos. Tras los repetidos fracasos en la utilización del carbón asturiano en los altos hornos de la fundición de Trubia, y ante la imposibilidad de aprender su tecnología en Inglaterra, el director de dicha fábrica, Francisco Datolí, se trasladó en 1800 a la fundición francesa de Le Creusot, que había sido establecida por técnicos británicos quince años antes.

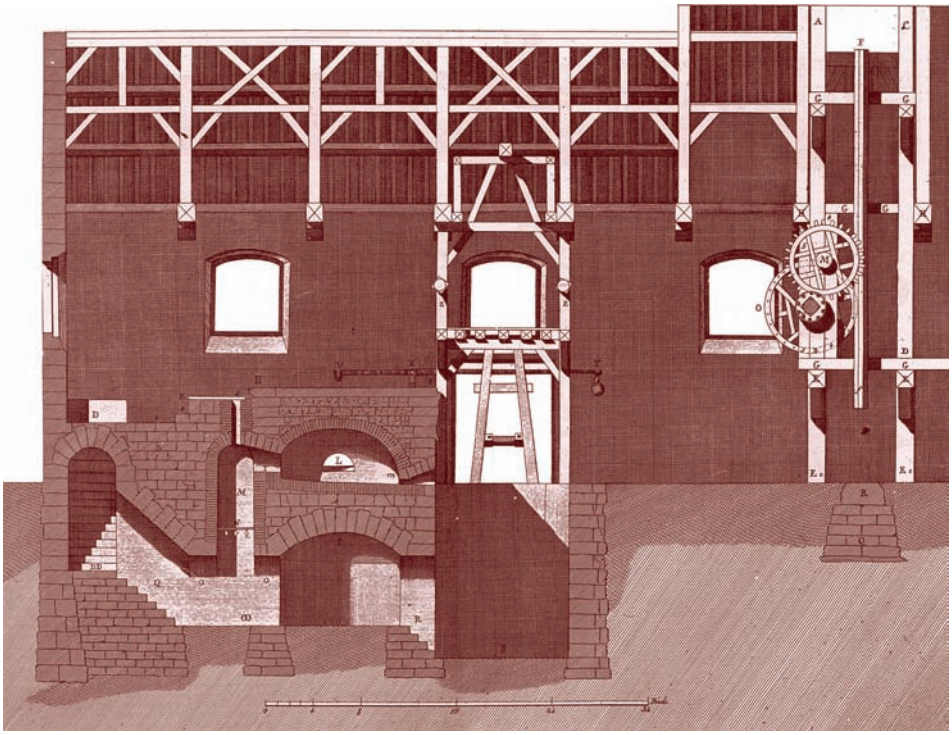
IV

Los resultados: un primer balance de las transferencias de tecnología en el sector público

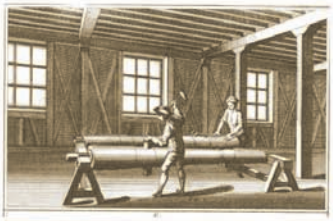
En la España de finales del siglo XVIII el sector público fue el principal demandante de tecnología extranjera; las iniciativas privadas fueron mucho más escasas, aunque posiblemente más eficaces. El predominio de la iniciativa pública determinó que el Estado impusiera sus prioridades con respecto a qué sectores productivos necesitaban con mayor urgencia el cambio tecnológico. No es de extrañar, por tanto, que fuesen las industrias públicas y semipúblicas, así como las privadas privilegiadas (todas las cuales recibían la denominación genérica –y no meramente honorífica– de "Reales Fábricas"), las principales beneficiarias de la nuevas técnicas importadas del extranjero. El mayor esfuerzo de modernización se concentró en las industrias militares, lo cual, por otra parte, es muy coherente con las verdaderas prioridades de los gobiernos ilustrados de Carlos III, tal como fueron realmente expresadas a través de la distribución del gasto público, pues, como han demostrado J. A. Barbier y H. S. Klein, la Marina y el Ejército absorbieron en torno al 60 % del presupuesto estatal, a lo largo de todo el reinado.

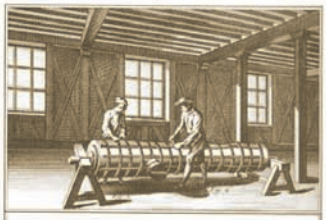
La construcción naval fue el sector en el que se centró con mayor intensidad el esfuerzo de renovación tecnológica durante la segunda mitad del siglo XVIII. El punto

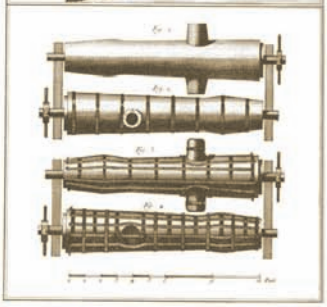
de partida, como ya sabemos, fueron los viajes de espionaje industrial de Jorge Juan y Antonio de Ulloa. Durante su accidentada estancia en Londres, Jorge Juan consiguió reclutar a unos ochenta técnicos británicos, algunos de primera fila –como R. Rooth, E. Bryant, M. Mullan, D. Howell y A. Hill–, que fueron puestos al frente de los grandes Arsenales de la Marina –El Ferrol, Cartagena, La Carraca y Guarnizo–. Bajo la coordinación del propio Jorge Juan, contribuyeron decisivamente a implantar la llamada "construcción inglesa", a la que se ciñeron los buques de guerra españoles durante las dos décadas siguientes. Por su parte, Antonio de Ulloa, a raíz de su largo periplo por los más importantes arsenales europeos, dio a conocer en España nuevas técnicas como los diques de carenar en seco, o el empleo de grandes grúas y otras "máquinas de fuerza" para facilitar los trabajos en los astilleros. Mucho más adelante, ya a fines de la década de 1760, el gobierno consiguió hacer venir a España a F. Gautier, el ingeniero jefe de la Marina francesa, para que introdujera las técnicas de la denominada "construcción francesa", lo que trajo consigo un considerable aumento del tamaño de los navíos. Todas estas innovaciones, unidas a otras de menor entidad aunque también significativas –como, por ejemplo, la práctica de revestir exteriormente los cascos de los navíos con planchas de cobre, que se empezó a aplicar a mediados de la década de 1780, con



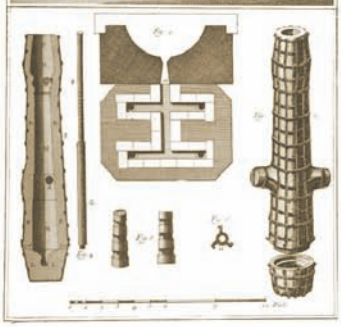
1.9. Horno de reverbero de una fundición de cañones de bronce *(ilustración de la* Encyclopédie *de Diderot y D'Alembert, 1762-1772).*



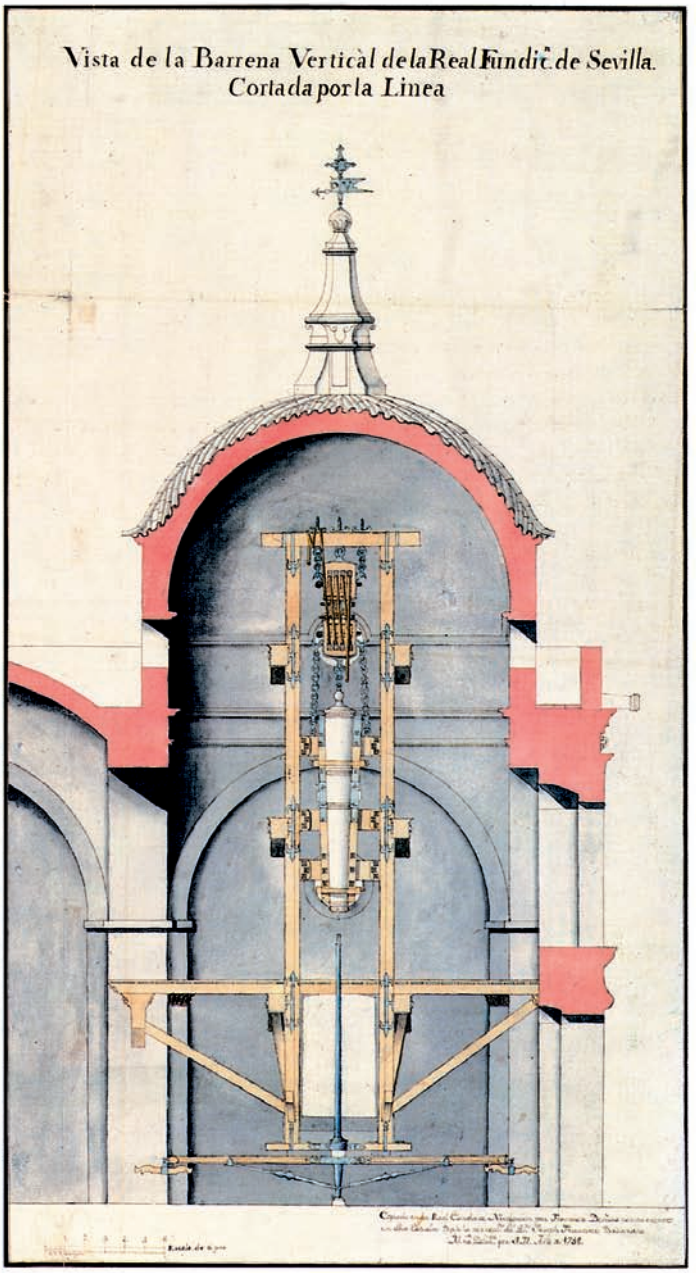




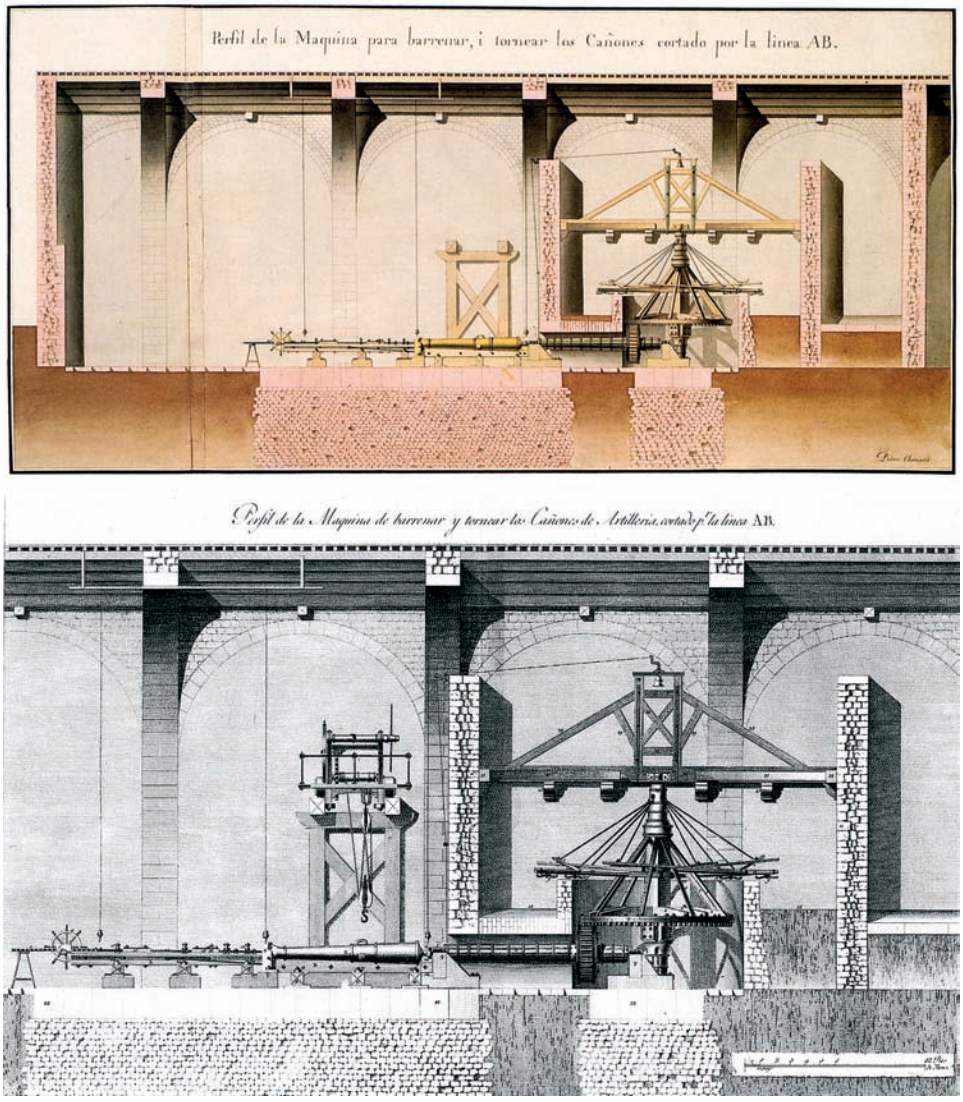








1.10. Principales fases del proceso de fundición en hueco: *1) Elaboración y secado de los moldes, y colado del metal fundido (ilustraciones de la* Encyclopédie *de Diderot y D'Alembert, 1762-1772); 2) Alisado del ánima de los cañones mediante barrena vertical en la Real Fundición de Sevilla (copia por Francisco Denia, Real Escuela de Navegación, 1758; Museo Naval de Madrid, Artillería-25).*

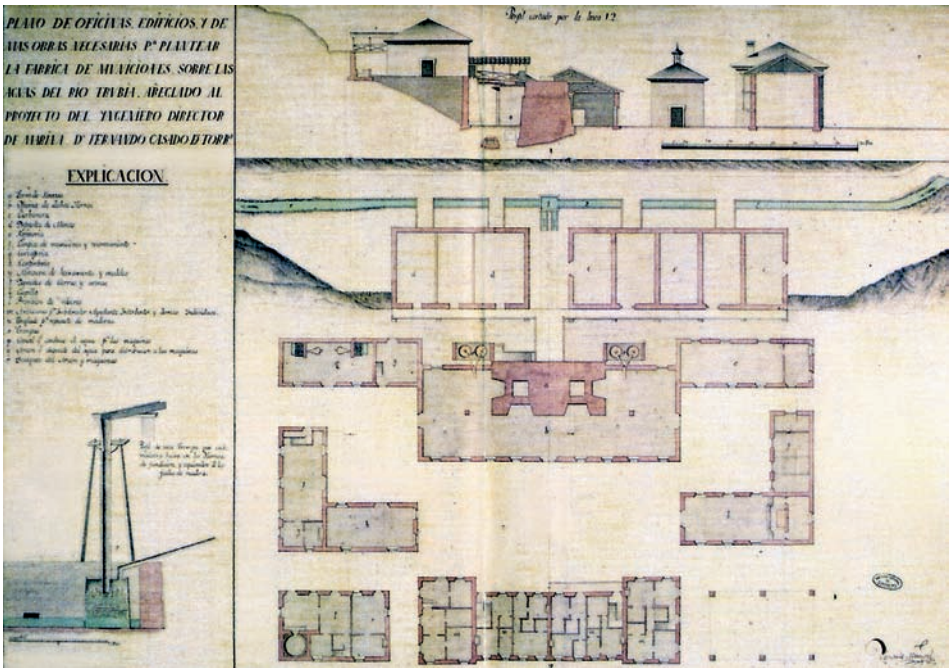


1.11. Plano de la nueva barrena horizontal de la fundición de Barcelona, construida por Jean Maritz *(dibujo de Pedro Chenard, 1766-1767, Servicio Geográfico del Ejército, Madrid, Atlas 111), y lámina que la reproduce, complemento al* Tratado de Artillería *de Tomás de Morla (texto de 1786, láminas publicadas en un tomo por la Imprenta Real, Madrid, 1803). Las barrenas eran elemento esencial en las nuevas fundiciones en sólido, procedimiento que viene a sustituir a las fundiciones en hueco. Conceptualmente más simple, la innovación consistía en fundir en un solo bloque el cañón y proceder a continuación a barrenarlo para obtener el ánima. Con ello se conseguía que el cañón y su ánima fueran concéntricos, lo que facilitaba el acierto del disparo. Entre el dibujo superior y la lámina grabada se observa en el segundo la adición de llamadas numerales explicativas (lo que se justifica por su objetivo docente), y una definición de la grúa pórtico para manejar los cañones, así como la corrección de algunos errores menores de perspectiva y la presencia de una escala (en pies de París).*

objeto de protegerlos de la broma y de aumentar su velocidad–, convirtieron a la Armada española de finales del siglo XVIII en la tercera flota europea por número de efectivos, y en una de las más modernas por las técnicas que empleaba.

El otro gran sector de las industrias públicas militares que se esforzó en modernizar su tecnología fue el de las fábricas de artillería, pero los resultados prácticos fueron menos satisfactorios. El objetivo principal fue introducir el nuevo método de fundición y barrenado de cañones en sólido, que, como revelaron los informes de los espías industriales de la época de Ensenada, ya se había generalizado en los grandes centros artilleros europeos a mediados de siglo. El primer intento de introducirlo en España tuvo por escenario la fábrica de cañones de bronce de Sevilla entre 1757 y 1760. Fue protagonizado por un grupo de fundidores franceses a cuyo frente figuraban los maestros Jean Drouet y François y Pierre Poitevin, que habían trabajado a las órdenes de Jean Maritz en las fábricas de cañones de Angoumois y Perigord. Pero no tuvo éxito, debido posiblemente a la mala calidad del cobre empleado, de procedencia americana, y a los deficientes procedimientos de afinación. Muy poco después, en 1761, los malos resultados de una prueba de cañones de hierro de La Cavada decidieron al secretario de Guerra, Ricardo Wall, a tratar de introducir el nuevo procedimiento en las fábricas santanderinas. Para llevarlo a cabo designó a los oficiales José Manes y Francisco Estachería, que acababan de regresar de su dilatado viaje de espionaje industrial, y a los hermanos Poitevin, los técnicos franceses que habían fracasado en Sevilla. Hasta mediados de 1762 se trabajó intensamente en este empeño, pero también se saldó con un rotundo fracaso, debido a la falta de experiencia práctica de los dos oficiales y a su mal entendimiento con los Poitevin. Entre 1760 y 1765 el maestro austriaco Zacarias Dietrich hizo algunos nuevos intentos en las fundiciones de Barcelona y Sevilla, pero tampoco tuvo éxito.

Toda esta serie de fracasos indujo en 1765 al nuevo secretario de Guerra, marqués de Esquilache, a tratar de que viniese a España a toda costa Jean Maritz, para que fuese el propio hijo del inventor del procedimiento de fundición en sólido quien se encargase personalmente de implantarlo en nuestras fábricas de cañones. Se emprendieron negociaciones al más alto nivel, en las que llegaron a intervenir los secretarios de Estado de Francia y España, duque de Choiseul y marqués de Grimaldi. Por fin, en abril de 1766 llegó Maritz a Barcelona en compañía de 21 metalúrgicos franceses, y en poco más de un año consiguió dotar a la fundición de artillería de bronce de esa ciudad de las instalaciones necesarias para fabricar cañones según el nuevo método. En agosto de 1767 se pudieron efectuar las primeras pruebas de comparación entre cañones fundidos en la misma fábrica en hueco y en sólido, y el resultado fue claramente favorable para estos últimos. A continuación, Maritz se trasladó a la fundición de bronce de Sevilla, donde en los seis años siguientes no sólo consiguió establecer también el nuevo método, sino que además amplió y renovó su estructura productiva hasta el punto de convertirla en una de las más modernas de Europa en su género. En junio de 1774, en presencia del propio rey Carlos III y de las principales autorida-

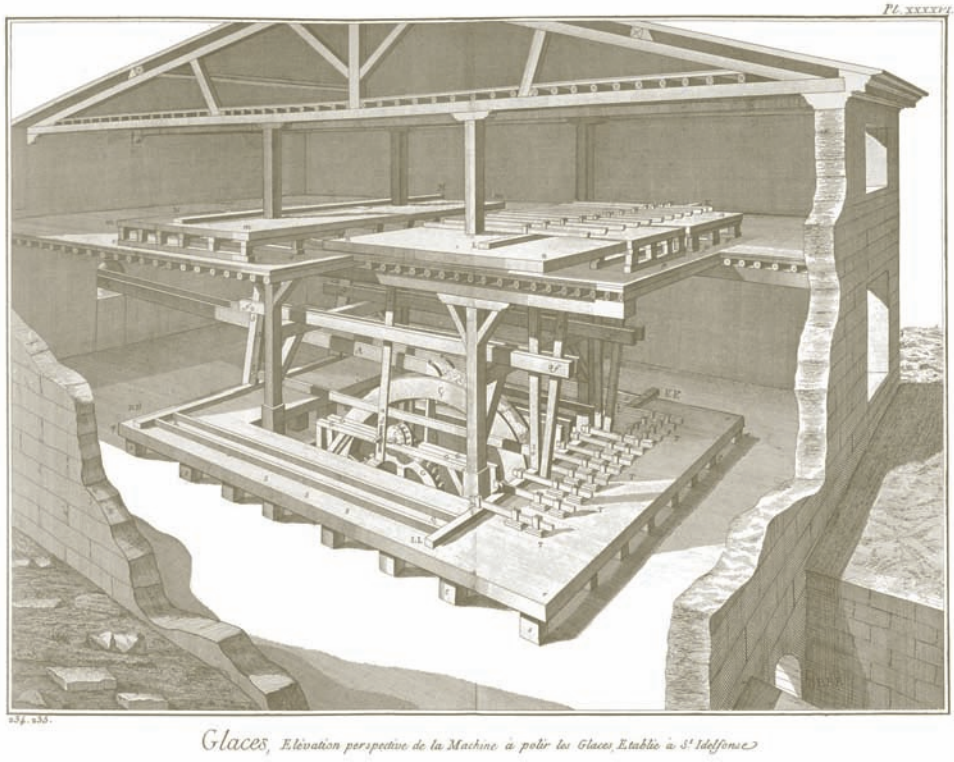


1.12. La fábrica de municiones de Trubia (Asturias). *Proyectada por el ingeniero de marina Fernando Casado de Torres, representó el más importante y sistemático esfuerzo que se hizo en la España de finales del siglo XVIII para introducir el carbón mineral como combustible de los altos hornos siderúrgicos, pero no tuvo éxito hasta casi medio siglo después. Obsérvese el empleo del sistema de trompas para inyectar aire en los altos hornos mediante el efecto Venturi (AGS, M. P. y D. XXXV-14).*

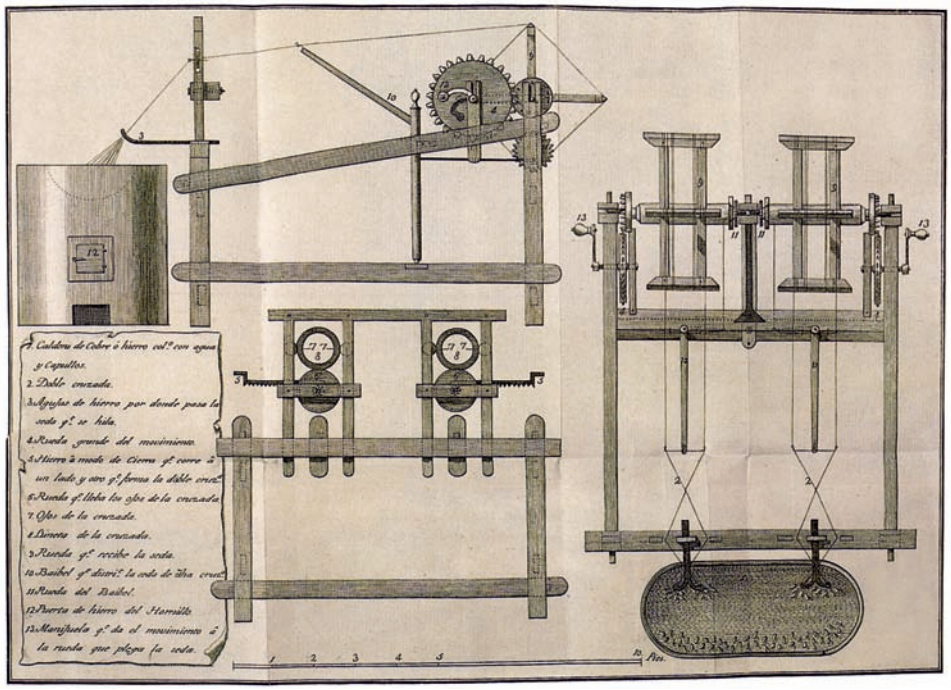
des militares, tuvo lugar en Ocaña una gran prueba de comparación de cañones, cuyos buenos resultados supusieron la implantación definitiva de la fundición en sólido en todas las fábricas españolas de artillería de bronce.

En cambio, no se consiguió ese objetivo en las fábricas de cañones de hierro colado. Tras el fracaso inicial de Manes y Estachería, Francisco Richters, fundidor principal de La Cavada y Liérganes, realizó otro intento en 1763, en colaboración con cinco técnicos metalúrgicos franceses. Como los resultados fueron relativamente satisfactorios, tras producirse ese mismo año la estatalización de ambos establecimientos siderúrgicos, se decidió implantar oficialmente en ellos el nuevo método. Pero fue un cambio tecnológico muy efímero. A raíz de una explosión accidental acaecida en El Ferrol en 1771, se decidió someter a pruebas de ordenanza todos los cañones de hierro fundidos en sólido en las fábricas santanderinas desde 1764, o sea, desde la fecha en que se había cambiado el procedimiento. Los resultados fueron verdaderamente catastróficos: de un total de 1.407 cañones sometidos a prueba, fueron rechazados 1.155, es decir, el 82 %. Un fracaso tan espectacular obligó a la Marina –cliente principal y casi exclusivo de dichas fábricas– a efectuar masivas importaciones de artillería británica, procedentes del gran establecimiento siderúrgico escocés

de Carron. Pero a medio plazo resultaba insostenible depender del abastecimiento exterior en un producto de tanto valor estratégico, máxime cuando ya se veía venir un enfrentamiento bélico con Inglaterra, con ocasión de la independencia de los Estados Unidos. En 1781 las fábricas de La Cavada y Liérganes pasaron a estar bajo la jurisdicción de la Secretaría de Marina y dos años después, en vista de que la resistencia de los cañones en sólido no había mejorado, se decidió reimplantar oficialmente en dichas fábricas el antiguo procedimiento de fundición en hueco. Esta verdadera involución tecnológica, sin parangón en Europa, se produjo justamente cuando se recrudecían los enfrentamientos navales con Inglaterra. Además, los establecimientos siderúrgicos militares también fracasaron en el intento de utilizar el carbón mineral como combustible de sus altos hornos. Tampoco se consiguió introducir la fabricación de "carronadas" –el tipo de cañón de hierro, corto y de gran calibre, que se producía en Carron–, a pesar de que muy tempranamente se tuvo conocimiento en España de dicha invención. Todo ello contribuyó a situar a nuestra artillería de Marina en una posición de neta inferioridad técnica con respecto a la británica, como pronto se pondría de manifiesto en los combates navales del cabo de San Vicente y Trafalgar.



1.13. Perspectiva de la máquina hidráulica para pulir vidrio construida por J. Dowling *en la Real Fábrica de San Ildefonso. Ilustración procedente de la* Encyclopédie *de Diderot y D'Alembert.*



1.14. Torno de hilar seda tipo Vaucanson, *introducido por J. Lapayese en Vinalesa.*

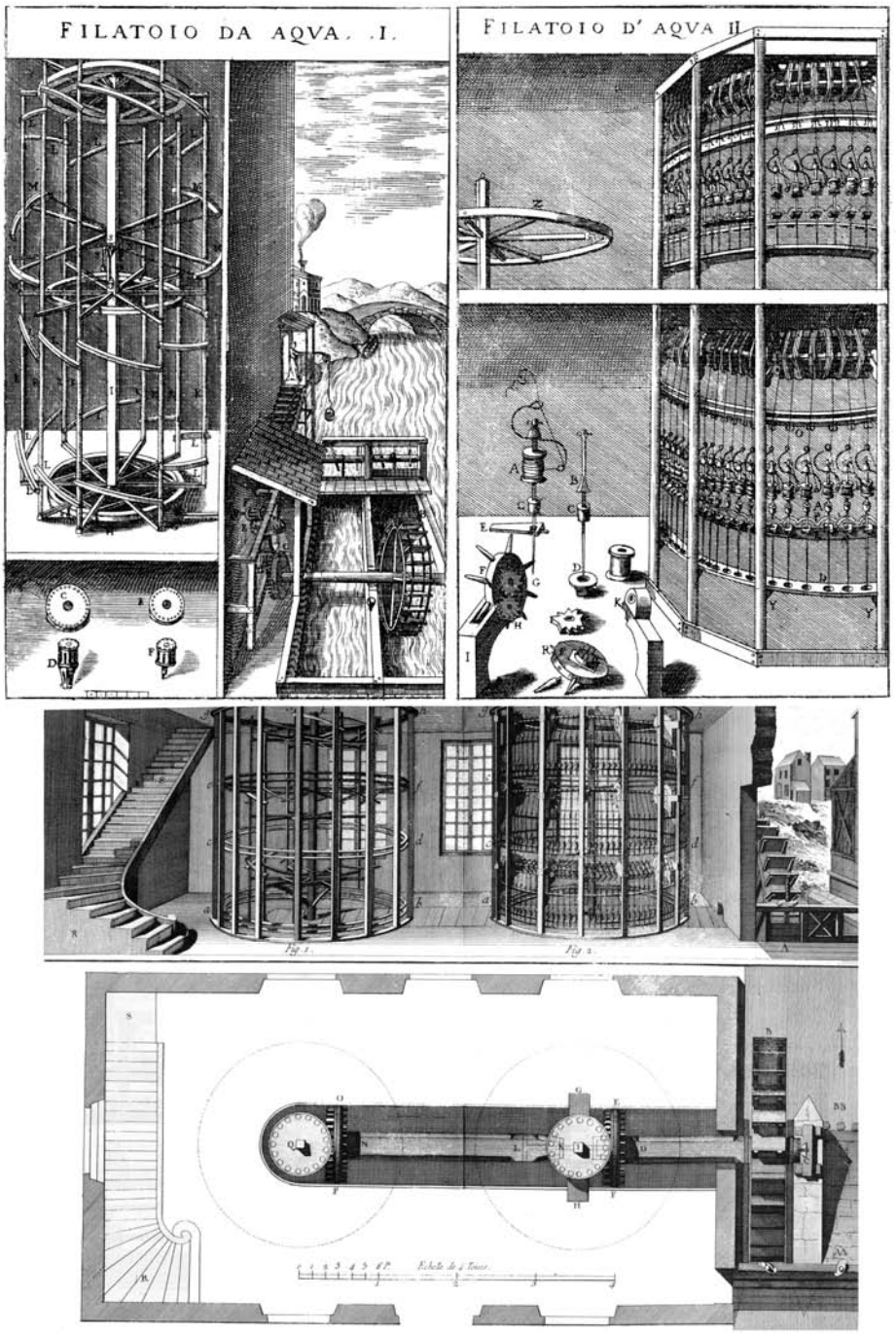
Las reales fábricas no militares, como ya hemos dicho, también se beneficiaron de un importante flujo de tecnología extranjera, pero los resultados no fueron muy duraderos, en términos de aclimatación de los nuevos procedimientos, y no se correspondieron ni de lejos con los objetivos propuestos ni con el esfuerzo desplegado. Posiblemente fue en las industrias suntuarias donde se obtuvieron los mejores logros, pues hay que admitir que en algunas de las más emblemáticas, como la de vidrios de San Ildefonso, la de porcelanas del Buen Retiro o la de tapices de Santa Bárbara, se consiguió un nivel de calidad muy elevado, equiparable al de las más renombradas manufacturas extranjeras. Pero la calidad de sus productos dependía principalmente de la destreza manual de los artesanos, en su mayoría extranjeros, por lo que apenas estaban mecanizadas. No obstante, hay que destacar que la única muestra de la tecnología española del siglo XVIII que recogía *L'Encyclopédie* de Diderot y D'Alembert era una máquina hidráulica que se empleaba para pulimentar vidrio en la Real Fábrica de San Ildefonso y hacía el trabajo de 64 obreros.

Las industrias textiles, que constituían el bloque más importante de las reales fábricas, y sobre las que se basó la política de sustitución de importaciones emprendida por el reformismo ilustrado, presentan un balance mucho más irregular en lo que se refiere a la introducción de nuevas técnicas. En el caso de las industrias laneras –el subsector textil más destacado, con gran diferencia–, fueron mucho más numerosas las innova-

ciones en el producto que en el proceso. Dicho más claramente: en las reales fábricas pañeras se trató, sobre todo, de reproducir una amplia gama de tejidos importados –ratinas, castorcillos, casimiras, camelotes, franelas, etc.– recurriendo a contratar a grupos de trabajadores de los países de origen de cada tipo de paños. En cambio, apenas se registraron cambios en los procesos productivos: en la fase de la hilatura, el torno empezó a sustituir al huso y a la rueca; en la del tejido, apenas tuvo difusión la lanzadera volante, que fue dada a conocer por Antonio de Ulloa hacia 1750; y en las del teñido y acabado, no hubo novedades dignas de mención. La industria sedera sí que experimentó cambios técnicos notables en sus procesos productivos. A partir de mediados del siglo, empezaron a introducirse los grandes tornos de hilar a la piamontesa, pero apenas tuvo difusión tan costoso procedimiento, fuera de las reales fábricas de Talavera y Murcia. En cambio, a finales de siglo se difundieron con rapidez los nuevos tornos de Vaucanson, especialmente a partir de la publicación de la obra *Arte de hilar, devanar, doblar y torcer las sedas según el método de Mr. Vaucanson* (1779), de J. Lapayese –quien diez años antes había empezado a usar la nueva máquina en su fábrica de Vinalesa (Valencia)–, y de la distribución –organizada oficialmente por la Junta de Comercio– de 1.500 tornos capturados a un convoy británico hacia 1783, según A. Calvo.

Por el contrario, las técnicas de elaboración de lienzos se mantuvieron en un estadio artesanal, a pesar de que este género de tejidos constituía una parte sustancial de las importaciones textiles. Ello se explica, en buena medida, por el fracaso de los dos intentos estatales, a partir de mediados del siglo XVIII, de implantar una industria de lienzos de calidad, con las fallidas reales fábricas de León y de San Ildefonso. La lencería siguió siendo una manufactura doméstica rural, con amplio arraigo en algunas regiones, como Galicia. Sólo a finales de siglo empezó, tímidamente, la mecanización de las primeras fases del proceso productivo, con el empleo de la máquina de agramar, a cuya difusión contribuyó la publicación del tratado de Salvá y Sanponts, dos importantes representantes de la Ilustración técnica catalana.

Pero donde mejor se pone de manifiesto el fracaso económico y empresarial de las innovaciones técnicas promovidas por el reformismo ilustrado, es en el caso de la única industria pública de hilados y tejidos de algodón: la Real Fábrica de Ávila. A finales de la década de 1780, cuando ya estaba firmemente arraigada en Cataluña una pujante manufactura algodonera, el conde de Aranda trabó contacto en París con el técnico británico J. Milne, quien había difundido en Francia una versión mejorada de la *water-frame* de Arkwrigth. Lo puso en conocimiento del secretario de Estado, conde de Floridablanca, añadiendo que sería muy ventajoso introducir esa máquina en España. Con tal fin fue autorizado a negociar con Milne y con otros algodoneros británicos radicados en Francia. Las negociaciones fueron proseguidas en 1788 por el nuevo embajador, conde de Fernán Núñez, y concluyeron con la firma de un contrato por el que vinieron a España T. Milne (hijo de J. Milne) y J. Berry, con el fin de establecer una gran fábrica concentrada de hilados y tejidos de algodón, dotada de la maquinaria más avanzada.



1.15. Molinos de seda a la piamontesa: *muy probablemente fueron las máquinas preindustriales de mayor tamaño y complejidad. Surgieron en el Norte de Italia y alcanzaron su máximo desarrollo en la ciudad de Bolonia, en el siglo XVII. En España se introdujeron muy tardíamente, a partir de mediados del siglo XVIII, en las reales fábricas de seda de Talavera y Murcia, pero tuvieron poco éxito frente al torno de Vaucanson, que era mucho más sencillo y menos costoso: 1) Dos láminas del* Novo Teatro di Machine et Edificii *(1607) de Vittorio Zonca, "Teatro de Máquinas" renacentista tardío, singularmente interesante por la verosimilitud de las realizaciones expuestas; 2) Ilustración de la* Encyclopédie *de Diderot y D'Alembert.*



1.16. Real Fábrica de Algodón de Ávila: *1) Batán y taller de tintes; 2) Muestras de estampados de algodón (AGS, M. P. y D., XXXII-3). Esta fábrica llegó a ser gestionada por Agustín de Betancourt entre 1799 y 1807.*

Se decidió instalar la fábrica en la ciudad de Ávila, un antiguo núcleo pañero en decadencia, y rápidamente se emprendió la construcción y acondicionamiento de los edificios. Las obras se prolongaron hasta finales de 1791, y mientras tanto se procedió a la adquisición de la maquinaria. En 1792, cuando la fábrica empezó a funcionar con normalidad, ya se habían invertido más de 3,5 millones de reales. El sector productivo más potente –y el único que estaba mecanizado– era el de cardado e hilado, que en 1796 disponía de 135 máquinas movidas por energía hidráulica, 58 de las cuales eran hiladoras del tipo *water-frame* y tenían 3.500 husos. Pese a contar con una tecnología más moderna que la de las hilaturas catalanas, la fábrica de Ávila resultó un completo fracaso económico, como consecuencia de la escasa cualificación de su muy inflada plantilla laboral –más de 800 trabajadores–, de su baja productividad y elevados costes de producción, y de la mala calidad de los géneros obtenidos, lo que dificultó extraordinariamente la salida comercial de sus productos. La situación llegó a ser tan insostenible que en 1799 el Estado decidió desprenderse de la fábrica, cuando ya había gastado en ella 12,7 millones de reales.

V

Un caso ejemplar: la introducción de la máquina de vapor

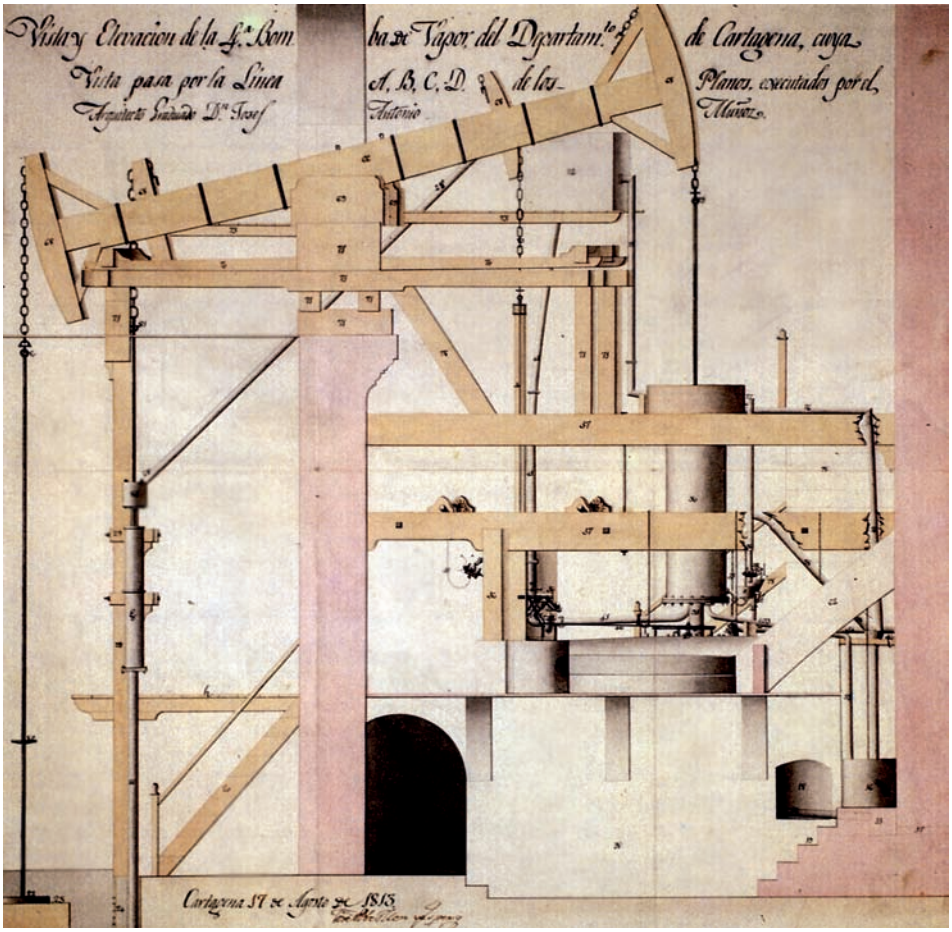
La importación de maquinaria extranjera es probablemente hoy en día el procedimiento más común para adquirir nueva tecnología. No era así, sin embargo, en el siglo XVIII, porque en una época en la que predominaba el aprendizaje por el uso, el manejo de nuevas máquinas requería conocimientos y habilidades previos, sin los cuales se corría el riesgo de que tuviera que transcurrir bastante tiempo antes de que resultasen realmente operativas. Por ello no es de extrañar que fuese relativamente infrecuente recurrir a dicho procedimiento, salvo en el caso de que la maquinaria viniese acompañada de mano de obra especializada, para adiestrar en su funcionamiento a los trabajadores. Se registró, no obstante, una importante excepción que ilustra muy bien sobre las dificultades que plantea la adquisición maquinaria avanzada cuando se carece de técnicos autóctonos para mantenerla: se trata de la máquina de vapor.

El primer intento de introducción de la máquina de Newcomen en España fue muy temprano: tuvo lugar apenas diez años después de que empezara a funcionar la primera de este tipo en Duddley Castle (Staffordshire), pero pasó desapercibido para los contemporáneos. En 1722 el ingeniero británico Richard Jones presentó al Ayuntamiento de Toledo una propuesta para hacerse cargo del abastecimiento de agua a la ciudad, lo que requeriría la construcción de un artificio, de características no especificadas, para elevarla desde el río Tajo hasta casi cien metros de altura. Se firmó un contrato que fue refrendado por el Consejo de Castilla, y Jones regresó a Inglaterra para disponer todo lo necesario para la puesta en marcha del proyecto. Allí constituyó una compañía, y con los capitales aportados por sus socios adquirió diversos materiales y equipamiento, entre el que figuraba al menos una máquina de vapor de tipo Newcomen. En 1725 regresó a Toledo en compañía de diez técnicos con los que emprendió los primeros trabajos, en las proximidades de los restos del famoso ingenio que Juanelo Turriano erigió en el siglo XVI con el mismo objeto. Entretanto, fueron llegando las remesas de materiales procedentes de Inglaterra, con un peso de más de 6.000 quintales. Las obras avanzaban con lentitud por falta de dinero, de forma que en 1727, ante el impago de sus salarios, los técnicos británicos empezaron a regresar a su país. Carente de capitales y de mano de obra especializada, la empresa tenía ya muy malas perspectivas, cuando en octubre de ese mismo año falleció inesperadamente Richard Jones, y ya no se pudo seguir adelante. El proyecto se dio por cancelado a mediados de 1728, cuando el Ayuntamiento de Toledo decidió embargar las pertenencias de la empresa y ponerlas bajo custodia. Así permanecieron durante casi cuarenta años, hasta que en 1764 se hizo cargo de ellas el ingeniero francés Pierre Courton, para emprender una iniciativa muy similar a la de Jones. Pero tampoco pudo llevarse a cabo, a pesar de que en esta ocasión sí que parece que las máquinas llegaron a funcionar, y el Ayuntamiento volvió a depositarlas en un almacén. Finalmente, hacia 1790

algunas piezas de tubería fueron enviadas a Aranjuez para ser utilizadas en las conducciones de agua de los jardines del Real Sitio.

La máquina de Newcomen acabó aclimatándose en España, si bien tardíamente, a partir de la década de 1770, y en un sector bastante insólito: la construcción naval. De hecho, fue el único tipo de máquina de vapor que los técnicos españoles fueron capaces no sólo de hacer funcionar, sino también de construir. Las primeras noticias sobre ella las remitió Jorge Juan desde Londres en 1749, en el curso de su viaje de espionaje industrial. Al año siguiente envió una maqueta operativa, con destino a la Academia de Guardias Marinas de Cádiz. Durante las dos décadas siguientes, dicha maqueta se empleó como instrumento auxiliar de enseñanza en el laboratorio de Física. Pero a nadie se le ocurrió darle aplicación práctica, hasta que en 1769 el intendente del Departamento de Marina de Cartagena propuso tomarla como modelo para construir una máquina en grande, con la que creía que podría resolverse el problema del achique de agua en los diques de carenar en seco del Arsenal, trabajo muy penoso que hasta entonces se había venido haciendo con bombas manuales. Esta propuesta pasó a dictamen del propio Jorge Juan, quien, aunque no era muy partidario de la iniciativa, se mostró dispuesto a dirigir la construcción de dos de esas máquinas. En 1770, con la aprobación de la Secretaría de Marina, y bajo la supervisión directa de Jorge Juan, Diego Rostriaga, maestro instrumentario del Gabinete de Física de los Reales Estudios de San Isidro, emprendió la construcción de las piezas. Fue un proceso largo y complicado, pues Jorge Juan cayó gravemente enfermo y fue necesaria la colaboración de otro militar ilustrado, el teniente de navío Julián Sánchez Bort. Con su ayuda, en mayo de 1772 se pudo concluir la primera máquina, pero tuvo que transcurrir otro año de pruebas y ajustes, en tanto se hacían las piezas de la segunda, hasta que en mayo de 1773 se consideró que ya estaba todo listo para proceder a su traslado y montaje en Cartagena. Jorge Juan ya no pudo encargarse de supervisarlo, pues falleció en junio de ese mismo año, siendo Sánchez Bort quien lo llevó a cabo.

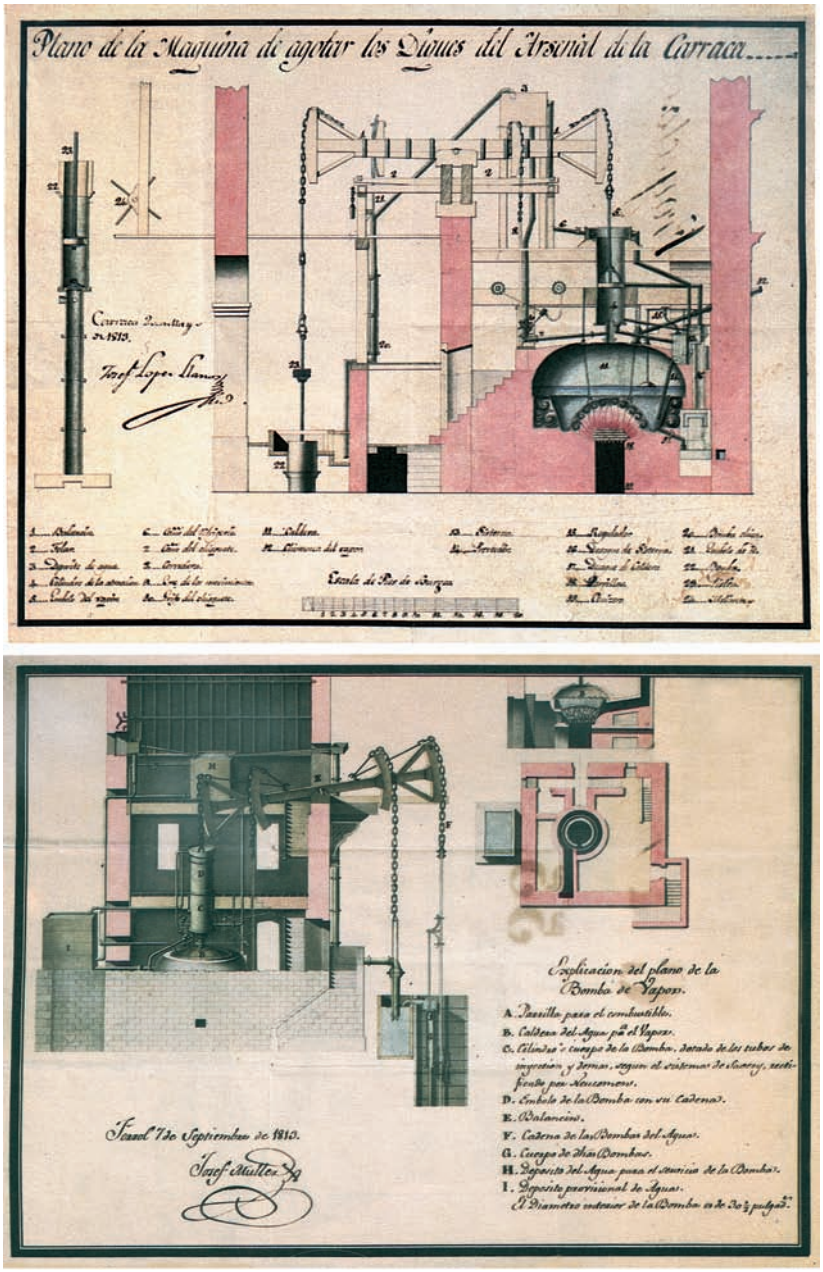
El 10 de noviembre de 1773 se puso oficialmente en marcha la primera máquina de vapor en el dique pequeño del arsenal de Cartagena. Según el testimonio de quienes presenciaron el acto, daba diez golpes por minuto y vaciaba el dique en 24 horas, haciendo el trabajo de 330 hombres y consumiendo como combustible cien quintales de astillas y madera de desecho. En febrero de 1774 empezó a funcionar la segunda máquina en el dique grande del arsenal. Era más potente, pues daba doce golpes por minuto, bombeando en cada uno de ellos diez pies cúbicos de agua. En los meses siguientes, Sánchez Bort instruyó a algunos operarios en el manejo de las máquinas de vapor, con el fin de asegurar su mantenimiento y reparación. En esas tareas mostró una especial habilidad Antonio Delgado, maestro mayor de bombas de apagar incendios en dicho Arsenal, hasta el punto de que en 1785, con ayuda de un sobrino suyo, construyó en Cartagena otras dos máquinas del mismo tipo, pero más perfeccionadas. A partir de entonces, los Delgado se convirtieron en los mayores expertos en la construcción de máquinas Newcomen en España, a pesar de que sus conocimientos



1.17. Detalle de la máquina de vapor de simple efecto instalada en el Real Arsenal de Cartagena. *Diseñada por Jorge Juan, construida esencialmente por Diego de Rostriaga e instalada por Julián Sánchez Bort, es la primera hispana que operó satisfactoriamente, en una aplicación no convencional en la época (la mayoría se dedicaban también a achicar agua, pero en las minas). Cartagena, 1813 (Museo Naval de Madrid, sign. PB-149).*

técnicos eran meramente empíricos. En los últimos años del siglo XVIII construyeron otras máquinas semejantes para los arsenales de El Ferrol y La Carraca, donde funcionaron durante largo tiempo. Pero, por lo que sabemos, sólo se aplicaron a trabajos de bombeo en los arsenales y no tuvieron ninguna difusión para usos civiles.

La primera máquina de vapor de Watt, de efecto simple y con condensador independiente, se conoció en España bastante tarde –no antes de 1787– y se aplicó mucho más tarde aún, cuando la máquina de doble efecto del mismo Watt, mucho más eficiente, ya la había sustituido por completo en Inglaterra, e incluso había empezado a introducirse en nuestro país. Una trayectoria tecnológica tan extraña tuvo por único



1.18. Máquinas de vapor en los arsenales de El Ferrol y La Carraca construidas por Antonio Delgado y su sobrino, *los maquinistas encargados inicialmente del mantenimiento de la primitiva cartagenera: 1)* Plano de la máquina de agotar los diques del Arsenal de la Carraca*, por Josef López Llanos, mayo de 1813; y 2)* Plano de la Bomba de Vapor*, Josef Muller, El Ferrol, septiembre de 1813 (Museo Naval de Madrid, signs. PB-155 y PB-154, respectivamente). [En este mismo volumen, la ilustración 3.17, dibujo de Agustín de Betancourt, representa la máquina de vapor diseñada tras su misión de espionaje industrial en Inglaterra; la 4.10 y 4.11 corresponden a la descripción de la anterior por Prony en su* Architecture Hidraulique*, base sobre la que Sanponts define la suya, ilustrada en 4.12 y 4.13; la ilustración 5.7 muestra la primera máquina de vapor (de efecto simple), instalada en las minas de Almadén.]*

escenario las minas de azogue de Almadén. En 1783, Tomás Pérez propuso sustituir los sistemas tradicionales de extracción de agua en aquellas minas por máquinas de vapor, cuya eficacia había tenido ocasión de comprobar durante su visita a la mina de carbón de Fresnes, en Francia. La propuesta no tuvo un efecto inmediato, pero en 1785 José de Gálvez, secretario de Indias y superintendente general de Azogues, decidió que el mismo Tomás Pérez marchase a Inglaterra para gestionar la adquisición de tres máquinas de vapor con destino a Almadén. A comienzos de 1786 ya se encontraba Pérez en Londres, y allí trabó contacto con el gran empresario siderúrgico J. Wilkinson, consiguiendo visitar sus fábricas de Bersham y Broseley. En ellas vio funcionar por primera vez las nuevas máquinas de efecto simple y condensador independiente, patentadas por Watt en 1769 y cuya fabricación se había iniciado en 1775.

Pérez se dio cuenta inmediatamente de las ventajas que presentaba este tipo de máquinas con respecto a las de Newcomen, y en abril de 1786 remitió a Gálvez una memoria en la que, tras hacer un análisis comparativo de las respectivas características técnicas, se decantaba por la más moderna y proponía que fuesen ésas las que se compraran para Almadén. Su propuesta fue aprobada, pero lo extraño del caso es que Pérez no encargó su construcción a Boulton y Watt, sino a Wilkinson. En realidad, la oferta partió del propio Wilkinson, que hasta 1795 construyó ilegalmente cerca de treinta máquinas "piratas", tanto para emplearlas en sus fábricas –unas 19– como para venderlas en Inglaterra y en el extranjero. Tres de ellas fueron las que encargó Pérez para Almadén, con lo que el Estado español se convirtió involuntariamente en el principal cliente extranjero de tan ilegal actividad. Por añadidura, ello trajo consigo dos inconvenientes muy importantes: su tecnología ya estaba anticuada –cosa que ignoraba Tomás Pérez–, puesto que desde 1784 Boulton y Watt ya habían empezado a producir en su factoría de Soho la nueva máquina de doble efecto, que era técnicamente muy superior; y Wilkinson, a diferencia de lo que solían hacer Boulton y Watt, no ofrecía ningún servicio de asistencia técnica para la instalación y el montaje, lo cual retrasó enormemente la puesta en marcha de la única máquina de vapor que llegó a funcionar en Almadén.

Las tres máquinas mencionadas –cuyos cilindros medían 50, 38 y 26 pulgadas inglesas de diámetro, respectivamente– fueron construidas por Wilkinson en su fundición galesa de Bersham durante los últimos meses de 1786, y su importe ascendió a 2.822 libras, 17 chelines y 4 peniques. Llegaron a Almadén entre mayo y junio de 1787, junto con 70 toneladas de carbón de Cardiff; el 4 de junio comenzaron oficialmente los trabajos de instalación de la primera de ellas, la más grande, en el Pozo de San Teodoro, pero debieron de efectuarse con extraordinaria lentitud, pues transcurrieron los meses y los años sin que se viese próxima su conclusión y sin que casi nadie pareciese preocuparse por el enorme retraso acumulado. Diego de Gardoqui fue el único ministro que mostró algún interés por este asunto. A mediados de 1793, en vista de que, después de seis años, ni siquiera se había concluido la instalación de la primera máquina, mientras que las otras dos permanecían almacenadas, ordenó que estas últi-

mas fuesen enviadas a Cádiz. No sabemos cuál fue su destino final, pero lo cierto es que sólo quedó en Almadén una de ellas. Es posible que esta máquina hubiera empezado por fin a funcionar a mediados de 1799, pero sólo en plan experimental. En la documentación contable de las minas siguieron figurando, de forma individualizada, los gastos de instalación de dicha máquina hasta junio de 1805, lo que induce a pensar que no fue sino hasta mediados de dicho año cuando comenzó a prestar servicio de forma continuada.

Por las fechas en que se puso en marcha en Almadén, esta máquina había dejado de ser una novedad tecnológica en España, puesto que ya habían empezado a llegar las nuevas de vapor de doble efecto, patentadas por Watt en 1782 y fabricadas a partir de 1784. De hecho, según Tann y Breckin, España fue el primer país importador de máquinas de Watt, tanto en número –siete entre los años 1789 y 1806– como en potencia energética –363 CV en total–, dándose además la circunstancia de que una de ellas, con 90 CV, fue la más potente de todas las que exportó la fábrica de Boulton y Watt entre 1775 y 1825.

La primera de las máquinas de doble efecto que se trajo a España es precisamente la que peor conocemos y la que plantea más interrogantes. Se trataba de una máquina de 55 CV, con un cilindro de 34 pulgadas inglesas de diámetro, cuyo importe ascendió a 2.500 libras. Fue encargada por Pascual Mensa y March, un comerciante radicado en el área gaditana que en 1789 visitó en Inglaterra los célebres Albion Mills, la primera gran fábrica de harinas a vapor. Mensa debió de quedar tan impresionado que proyectó establecer una empresa semejante, y marchó a Birmingham para entrevistarse con Boulton y Watt. Éstos, por su parte, se mostraron muy interesados por las posibilidades que parecía ofrecer el mercado español para sus negocios. Así, Mensa pasó de ser un simple empresario interesado en la adquisición de una máquina de vapor a convertirse en el representante de Boulton y Watt en España. No conocemos las condiciones concretas del acuerdo, pero los inventores británicos elaboraron expresamente para Mensa un detallado estudio de costes y de previsiones de beneficios para «a Fire Engine with its corresponding Mill to grind Wheat, the Plantification, Conclusion and Establishment in the Province of Andalusia in Spain»; y le entregaron una lista de precios de sus máquinas para el mercado español, que, según parece, es la única que hicieron para sus ventas en el extranjero. A su regreso, Mensa constituyó la empresa Simón Pla y Mensa y Compañía, que solicitó la concesión de un privilegio para introducir en España «las bombas de fuego, llamadas de doble inyección». Una real cédula de 25 de abril de 1790 se lo otorgó por un período de veinte años, con el carácter de monopolio exclusivo de importación, del que sólo quedarían eximidas las máquinas «que sean directamente para mi Real servicio».

Según Tann y Breckin, la máquina encargada por Mensa llegó a Cádiz, en fecha no precisada, pero los dos técnicos que la acompañaban para instalarla se encontraron con que la fábrica de harinas donde debía emplazarse aún no se había construido, así que, después de mucho tiempo de esperas y dilaciones, decidieron dejar aban-

donadas las piezas en el muelle de dicha ciudad y regresar a su país. Por otra parte, todo parece indicar que los privilegios concedidos a Simón Plá y Mensa y Compañía carecieron de efectividad, pues no se tiene noticia de que la empresa importara ninguna otra máquina de vapor.

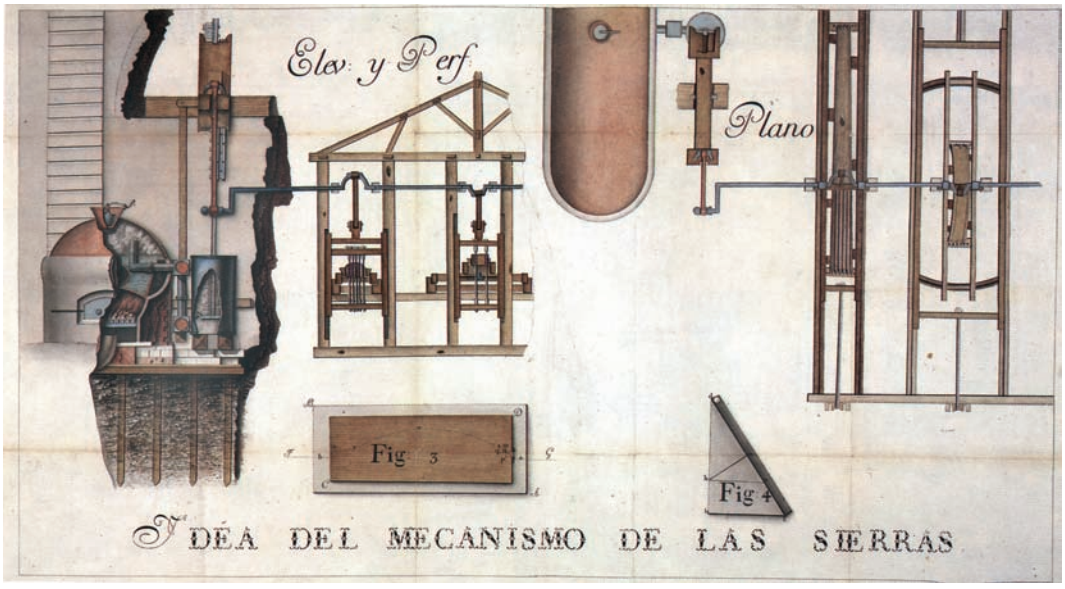
La segunda máquina de doble efecto que llegó a España estuvo relacionada con el que, según J. Alcalá-Zamora, fue «el mayor proyecto de mecánica industrial concebido en España hasta 1800»: la erección de un gran aserradero mecánico a vapor en el arsenal de La Carraca. Su principal artífice fue el ingeniero de Marina Fernando Casado de Torres, quien en 1788 fue enviado a dicho arsenal con el encargo de trazar los planos del equipamiento técnico del aserradero y calcular la energía necesaria para impulsarla, que debería ser suministrada por una máquina de vapor, dado que allí no era posible recurrir a la energía hidráulica –como en la célebre serrería del arsenal de La Habana– ni a la eólica –como se hacía en los astilleros holandeses–. El proyecto fue aprobado por la Secretaría de Marina, y a mediados de 1789 Casado fue a Inglaterra con la misión de encargar a Boulton y Watt la construcción de una gran máquina de vapor de características especiales: con un cilindro de sesenta pulgadas inglesas de diámetro y nueve pies de recorrido, un émbolo que daba quince golpes por minuto, y una potencia de noventa caballos fue, como queda dicho, la mayor de todas las fabricadas por Boulton y Watt para la exportación hasta 1825.

Casado llevó personalmente con J. Watt las negociaciones, que fueron largas y complicadas porque los propietarios de la patente, «fieros de su privilegio exclusivo» y basándose en las características especiales del encargo, exigían un precio exorbitante: más de 8.000 libras –el más alto, con gran diferencia, de todas las exportadas entre 1775 y 1825–; y por más que hizo Casado, no consiguió rebajarlo. Finalmente, en marzo de 1790 se firmo un contrato por el que Boulton y Watt se comprometían a construir «una bomba de fuego de doble inyección», de las características indicadas, en el plazo de un año, que sería enviada a España junto con un técnico experimentado «para que perfeccione, en el sitio en donde se hubiere de erigir, las piezas que tuviesen algo que retocar». Por su parte, Casado de Torres, en nombre de la Secretaría de Marina, se comprometía a abonar el importe exigido (8.412 libras, sin incluir los gastos de seguro y transporte) en dos plazos, así como a pagar al técnico instalador un salario de 25 chelines a la semana mientras permaneciese en España, más una gratificación final de 30 guineas en el caso de que concluyese su trabajo satisfactoriamente. Dicho técnico no podría ser empleado «en manufacturas prohibidas por las leyes de Inglaterra», sino sólo en tareas directamente relacionadas con la instalación.

La máquina llegó a La Carraca en junio de 1792, junto con el técnico Malcon Logan, encargado de su montaje e instalación. Logan se encontró con un panorama no muy diferente del que había sorprendido a los técnicos que vinieron a instalar la de Pascual Mensa: no se había construido el edificio que debía albergarla y todavía se estaban haciendo las piezas del mecanismo de sierras en las ferrerías de Vizcaya. J. Torrejón ha reconstruido las calamitosas vicisitudes por las que pasó este infortuna-

do proyecto. Cuando Casado de Torres llegó a Cádiz, en octubre de 1792, se encontró con que las obras del edificio estaban paralizadas porque habían cedido sus cimientos, debido a la falta de consistencia del terreno. Apenas pudo, pues, hacer otra cosa que tratar de preservar las piezas de la máquina, que ya habían empezado a deteriorarse por la humedad y las malas condiciones en que se habían almacenado. Así siguieron las cosas durante dos años, mientras Casado permaneció en Asturias poniendo en marcha las Reales Minas de Langreo. Hasta septiembre de 1794 no pudo regresar a Cádiz, y entonces se tomó la decisión de construir un nuevo edificio para la máquina de vapor, en otra ubicación que ofrecía mejores condiciones para la cimentación. Pero en julio de 1795, cuando las obras ya estaban bastante avanzadas, se produjo el robo de una importante cantidad de piezas de la máquina de vapor y del mecanismo de sierras, con lo que ambas quedaron incompletas y sin posibilidad de funcionar. A partir de entonces, la suerte estuvo echada, y aunque Casado y el técnico británico trataron de reponer las piezas sustraídas, ya no tuvieron margen para ello. A finales de 1796 Casado de Torres marchó de Cádiz para encargarse de la dirección de las fundiciones de La Cavada y Liérganes. Poco después fue despedido Malcon Logan, y en julio de 1798 hubo un nuevo robo de piezas que hizo ya irreversible la suspensión del proyecto.

Casado de Torres intervino también, aunque con mucho menor protagonismo, en otra iniciativa que trajo consigo la importación de otras dos máquinas de vapor, y que sin duda fue la más insensata de todas las que surgieron en torno a la nueva fuen-



1.19. Sierra movida por máquina de vapor, *diseñada por Fernando Casado de Torres (1788) para el Real Arsenal de La Carraca, Cádiz (Museo Naval de Madrid, sign. P-2E-19).*

te de energía. A comienzos de 1791, Casado trabó contacto en Madrid con Julián Martín de Retamosa, un alto funcionario de la Secretaría de Marina con influencia en la Corte, especialmente con el secretario de Hacienda, conde de Lerena. Casado debió de hablar a Retamosa de la gran máquina que se estaba construyendo para el arsenal de La Carraca, y ello dio pie a éste para concebir un plan delirante, que presentó a Lerena como una solución casi mágica para los graves problemas financieros de la Real Hacienda. Consistía en recurrir a las máquinas de vapor para explotar rápida e intensivamente los más ricos yacimientos de metales preciosos de América. Las expectativas de Retamosa eran tan fabulosas como carentes de base real: en seis años, y con una inversión de tan sólo 200.000 pesos, se podrían obtener unos cien millones de beneficios; pero consiguió convencer no sólo al conde de Lerena, sino también al propio rey Carlos IV, quien al parecer llegó a aprobarlo verbalmente en febrero de 1791.

Todo se puso en marcha con el mayor secreto, siendo encargado Casado de Torres de planificar los aspectos técnicos. Siguiendo sus indicaciones, y por orden de Lerena, el director general de Comercio de Indias, Diego de Gardoqui, encargó a Boulton y Watt dos máquinas de doble efecto, del mismo tamaño y potencia –cilindros de 34 pulgadas inglesas de diámetro y 55 CV–, haciéndoles creer que estarían destinadas a una fundición siderúrgica. Las máquinas, que costaron 3.075 libras esterlinas cada una, llegaron a Cádiz en septiembre de 1793, pero entretanto habían cambiado mucho las cosas: había fallecido el conde de Lerena, principal valedor político del proyecto, y le había sustituido en la Secretaría de Hacienda Diego de Gardoqui, quien a pesar de haber tenido que figurar como supuesto comprador de las dos máquinas, era rotundamente opuesto a la idea, por considerarla inviable y descabellada. Gardoqui ordenó que ambas se guardasen a cal y canto en los almacenes de la aduana de Cádiz para evitar que se llegase a conocer el verdadero motivo de su presencia, por considerar que ello podría redundar en descrédito para el Gobierno. En 1796 Martín de Retamosa intentó relanzar su plan, exponiéndoselo a Godoy, quien, en principio, no lo rechazó pero pidió a Gardoqui que dictaminase al respecto; éste le puso en antecedentes de toda la historia, consiguiendo convencerle de que era preferible que siguiese en el olvido, así que las dos máquinas de vapor continuaron ocultas en los almacenes gaditanos. La última noticia que tenemos de ellas es una representación del administrador de la aduana, de junio de 1801, en la que se planteaba la necesidad de disponer de aquellos almacenes. No sabemos cuál fue el destino final de las máquinas.

La última máquina de vapor que llegó a España en el siglo XVIII fue una de muy pequeña potencia (tan sólo 8 CV) que había sido encargada a Boulton y Watt en 1795 por Nathan Wheterell, un empresario británico afincado en Sevilla, donde había establecido una importante fábrica de curtidos. No sabemos prácticamente nada de ella, aunque podemos suponer que se aplicó para accionar un molino de corteza, sustancia que se empleaba como curtiente de las pieles.

A principios del siglo XIX, Boulton y Watt exportaron a España otras dos máquinas de vapor de doble efecto y de características técnicas idénticas: cilindros de 36 pulgadas inglesas de diámetro y 6 pies de recorrido, y 50 CV de potencia. El importe de cada una ascendió a 2.455 libras esterlinas y su comprador fue el diplomático Carlos Martínez de Irujo, marqués de Casa Irujo desde 1803, quien, según Tann y Breckin, las habría encargado en 1800 y en 1806 para dar impulso a una fábrica de harinas a vapor que proyectaba establecer en Cádiz. Esta ciudad era a comienzos del siglo XIX un centro mercantil muy importante, cuya numerosa población era abastecida de harina y pan por más de un centenar de tahonas tradicionales, movidas por caballerías. Existía allí, por tanto, una importante demanda potencial para establecer una moderna fábrica de harinas. A tal fin, en julio de 1803 Urquijo obtuvo un privilegio exclusivo para establecer en España molinos harineros movidos por «bombas de fuego», por un plazo de diez años. Dos meses después presentó al Ayuntamiento de Cádiz una primera proposición para hacerse cargo del abastecimiento de harinas a la población, en condiciones más ventajosas que las tahonas. Pero las negociaciones entre las dos partes se desarrollaron con lentitud, de forma que hasta diciembre de 1804 no se tomó un acuerdo definitivo. A partir de entonces, el diplomático metido a empresario aceleró sus gestiones para importar el equipamiento de la nueva fábrica, en tanto que se construía el edificio que debía albergarla.

Desde Filadelfia, Irujo envió la maquinaria para la molienda y el cernido de la harina, que incorporaba las nuevas técnicas introducidas por Oliver Evans en la harinería norteamericana. Ésta llegó en julio de 1807, junto con un «ingeniero maquinista» norteamericano, pero su instalación se vio entorpecida por el robo de algunas piezas en febrero y marzo de 1808. Por otra parte, como queda dicho, en 1806 Irujo había encargado a Boulton y Watt una segunda máquina. Pero la situación de guerra con Inglaterra debió de dificultar la llegada de ambas, pues Cádiz estuvo permanentemente bloqueada por la Armada británica. Es muy posible que las dos máquinas no llegaran antes de julio de 1808, cuando Inglaterra no sólo levantó el bloqueo naval, sino que hizo desembarcar a una división de su flota para apoyar a las tropas españolas. Lo cierto es que durante el largo sitio francés –de febrero de 1810 a agosto de 1812– el denominado "Molino de San Carlos" funcionó ya a media capacidad, con seis de sus doce pares de piedras en activo. Después de la guerra de la Independencia se completaron sus instalaciones, convirtiéndose en uno de los establecimientos industriales más emblemáticos de la época: la primera empresa privada española que empleó con éxito la nueva energía del vapor.

Quedaría incompleto el panorama de los primeros pasos de la máquina de vapor en España si no hiciéramos referencia a la aportación de dos figuras bien conocidas: Agustín de Betancourt y José Sanponts. Por lo que se refiere a Betancourt, es sabido que a finales de 1788, en el curso de una breve estancia en Inglaterra, llegó a entrevistarse con Boulton y Watt en Birmingham, pero no le permitieron ver sus máquinas de vapor de doble efecto. Sin embargo, a su regreso a Londres consiguió atisbar breve-

mente una máquina de este tipo en los Albion Mills; y le fue suficiente esa rápida ojeada para deducir el principio teórico del funcionamiento de la doble inyección. Betancourt dio a conocer su hallazgo en la célebre *Mémoire sur une machine à vapeur à double effet* que presentó ante la Academia de Ciencias de París a finales de 1789. Previamente había hecho una maqueta de la máquina que tuvo importantes repercusiones prácticas, pues sirvió de modelo para que los hermanos Périer construyesen en su fábrica de Chaillot la primera máquina de doble efecto de la Europa continental, que empezó a funcionar al año siguiente en los molinos de la Isla de los Cisnes. Así pues, gracias a Betancourt se introdujo en Francia la máquina de doble efecto y pudo difundirse rápidamente, sin las restricciones que hubiera supuesto la observancia de las patentes de Boulton y Watt. Resulta, por tanto, muy paradójico que la importante contribución de Betancourt al desarrollo de la máquina de vapor no tuviera ninguna repercusión práctica en España. Es cierto que en el Real Gabinete de Máquinas Betancourt reunió varios planos y maquetas de máquinas de vapor, entre las que se encontraba la que sirvió de modelo a los Périer, pero el acceso a dicho gabinete era muy restringido, y no hay evidencias de que su contemplación incitase a algún empresario a introducirla en sus fábricas, a diferencia de lo que había ocurrido en Francia.

La aportación de Francisco Sanponts fue de menor trascendencia. Este médico ilustrado, aficionado a la mecánica, era a comienzos del siglo XIX director de Estática e Hidrostática de la Real Academia de Ciencias Naturales y Artes de Barcelona, y entre 1804 y 1806 construyó tres máquinas de vapor, a instancias del empresario algodonero Jacinto Ramón. La primera fue de tipo Newcomen, y para su construcción Sanponts tomó como referencia los planos de la máquina de Fresnes que reproducía la *Architecture Hydraulique* de Bélidor. Según parece, solamente se aplicó a elevar el agua para impulsar una rueda hidráulica, la cual, a su vez, daba movimiento a unas hiladoras del tipo *water-frame* en la fábrica de Ramón. Posteriormente hizo la maqueta de una máquina de doble efecto, a partir de los planos y descripciones que incluía Prony en su *Nouvelle Architecture Hydraulique* de una de las que accionaban los molinos de la Isla de los Cisnes. Los experimentos que se hicieron con esa maqueta en 1805 –según el testimonio del propio Sanponts en la memoria que redactó al efecto– fueron satisfactorios, y en vista de ello se decidió a construir una máquina de doble efecto a tamaño real. Pero ésta, que según las estimaciones de J. Agustí sólo tendría entre 5 y 7 CV de potencia, únicamente se aplicó, al igual que su predecesora, a la modesta tarea de elevar agua para mover ruedas hidráulicas en la fábrica de Ramón. No obstante, cabe la posibilidad de que por las mismas fechas en que Sanponts construía sus máquinas hubiesen surgido otras iniciativas dentro de la misma ciudad de Barcelona. Por ejemplo, hay indicios de que hacia 1805 el conde de Cabarrús habría encargado una máquina de vapor a los hermanos Périer para la hilatura algodonera que había establecido Santiago Jaumard, y de la que él era el verdadero propietario, pero ignoramos si ésta llegó efectivamente a su destino.

BIBLIOGRAFÍA

AGUSTÍ I CULLELL, J.: *Ciència i técnica a Catalunya en el segle XVIII: La introducció de la màquina de vapor*, Barcelona, 1983.

ALCALÁ-ZAMORA Y QUEIPO DE LLANO, J.: *Historia de una empresa siderúrgica española: los altos hornos de Liérganes y La Cavada, 1622-1834*, Santander, 1974.

BARBIER, J. A. y KLEIN, H. S.: «Las prioridades de un monarca ilustrado: el gasto público bajo el reinado de Carlos III», *Revista de Historia Económica*, III, 1985, pp. 473-491.

BRIANTA, D.: «Trasmissione del sapere tecnico nell'industria dei "non ferrosi" e circolazione dell' ingegnere minerario in Europa e in America Latina (metà XVIII-metà XIX sec.)», *Ricerche di Storia Sociale e Religiosa*, XXX, 2000, n.º 59, pp. 127-159 y 195-246.

CALVO CALVO, A.: «Transferencia internacional de tecnología y condicionamientos nacionales: la industria sedera catalana durante la transición al régimen liberal», *Quaderns d'Història de l'Enginyeria*, III, 1999, pp. 93-123.

FORTEA PÉREZ, J. I.: «La industria textil en el contexto general de la economía cordobesa entre fines del siglo XVII y comienzos del XVIII: una reactivación fallida», en *Actas de los II Coloquios de Historia de Andalucía. Andalucía Moderna*, Córdoba, 1983, tomo I, pp. 443-465.

GARCÍA DIEGO, J. A.: «Agustín de Bethancourt como espía industrial», en VV. AA.: *Estudios sobre la Historia de la Ciencia y de la Técnica*, Valladolid, 1988, vol. I, pp. 105-125.

GONZÁLEZ ENCISO, A.: *Estado e industria en el siglo XVIII: la fábrica de Guadalajara*, Madrid, 1980.

HARRIS, J. R.: *Industrial Espionage and Technology Transfer. Britain and France in the Eighteenth Century*, Aldershot, 1997.

HELGUERA QUIJADA, J.: «Las misiones de espionaje industrial en la época del Marqués de la Ensenada y su contribución al conocimiento de las nuevas técnicas metalúrgicas y artilleras a mediados del siglo XVIII», en VV. AA.: *Estudios sobre la Historia de la Ciencia y de la Técnica*, Valladolid, 1988, vol. II, pp. 671-695.

— «Transferencias de tecnología británica a comienzos de la Revolución Industrial: un balance del caso español a través del sector energético», en GARCÍA HOURCADE, J. L. (coord.): *Estudios de Historia de las Técnicas, la Arqueología Industrial y las Ciencias*, Salamanca, 1998, vol. I, pp. 89-106.

HENDERSON, W. O.: *Britain and the Industrial Europe 1750-1870*, Leicester, 1972.

HERRERO FERNÁNDEZ-QUESADA, M.ª D.: *Ciencia y milicia en el siglo XVIII: Tomás de Morla, artillero ilustrado*, Segovia, 1992.

JEREMY, D. J.: «Damming the Flood: British Government Efforts to Check the Outflow of Technicians and Machinery, 1780-1843», *Business History Review*, LI, 1977, pp. 1-34.

KAMEN, H.: *La guerra de Sucesión en España, 1700-1715*, Barcelona, 1974.

— *La España de Carlos II*, Barcelona, 1981.

LA FORCE, J. C.: *The Development of the Spanish Textile Industry, 1750-1800*, Berkeley, 1965.

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. 234-262.

MARTÍN GARCÍA, G.: *La industria textil en Ávila durante la etapa final del Antiguo Régimen. La Real Fábrica de Algodón*, Ávila, 1989.

MOLAS, P.: «The Industrial Policy of the Board of Trade in Spain», *The Journal of European Economic History*, XXVI, 1997, n.º 2, pp. 269-293.

MUSSON, A. E. y ROBINSON, E.: *Science and Technology in the Industrial Revolution*, Manchester, 1969.

PALACIOS REMONDO, J.: *Los Delhuyar*, Logroño, 1993.

PASTOR REY DE VIÑAS, P.: *Historia de la Real Fábrica de Cristales de San Ildefonso durante la época de la Ilustración (1727-1810)*, Madrid, 1994.

PELLÓN, I. y ROMÁN POLO, P.: *La Bascongada y el Ministerio de Marina. Espionaje, ciencia y tecnología en Bergara (1777-1783)*, San Sebastián, 1999.

PRADELLS NADAL, J.: *Diplomacia y comercio. La expansión consular española en el siglo XVIII*, Alicante, 1992.

ROS MASSANA, R.: *La industria textil lanera de Béjar (1680-1850). La formación de un enclave industrial*, Valladolid, 1999.

RUMEU DE ARMAS, A.: *Ciencia y tecnología en la España ilustrada*, Madrid, 1980.

SÁNCHEZ BELTRÁN, M.ª J.: *La porcelana de la Real Fábrica del Buen Retiro*, Madrid, 2000.

TANN, J. y BRECKIN, M. J.: «The International Diffusion of the Watt Engine, 1775-1825», *The Economic History Review*, XXXI, 1978, n.º 4, pp. 541-565.

TORREJÓN CHAVES, J.: «Tecnología e innovación industrial: el ingeniero de Marina Fernando Casado de Torres y la máquina de vapor de doble inyección de La Carraca (1788-1804)», en *VIII Congreso Internacional para la Conservación del Patrimonio Industrial*, Madrid, 1995, pp. 465-474.

VV. AA.: *Technologischer Wandel im 18. Jahrhundert*, Brunswick, 1981.

WHITAKER, A. P.: «The Elhuyar mining missions and the Enlightenment», *The Hispanic American Historical Review*, XXXI, 1951, n.º 4, pp. 557-585.

Índice abreviado del volumen III

El Siglo de las Luces.
De la agronomía al ámbitto agroforestal

Presentación: Lenguajes de la técnica en tiempos de revoluciones 9

1. La introducción de nuevas técnicas: de la inmigración tecnológica al espionaje industrial.
Juan Helguera Quijada 47

2. Arquitectura industrial borbónica.
Aurora Rabanal Yus 95

3. El nacimiento de la Teoría de Máquinas y Betancourt.
Juan Ignacio Cuadrado Iglesias y Marco Ceccarelli 131

4. Técnica, ciencia e industria en tiempo de revoluciones. La química y la mecánica en Barcelona en el cambio del siglo XVIII al XIX.
Antoni Roca Rosell 183

5. Minería y metalurgia en España y la América hispana en tiempo de Ilustración: El siglo XVIII.
Julio Sánchez Gómez 237

6. Los gremios.
Siro Villas Tinoco 281

7. Las Reales Sociedades Económicas de Amigos del País: docencia, difusión e innovación técnica.
José Francisco Forniés Casals y Antonio Manuel Moral Roncal 311

8. Publicaciones técnicas destinadas a colectivos profesionales.
Julio Sánchez Gómez 357

9. La agronomía en la España del Setecientos.
Jordi Cartañà i Pinén 409

10. Conocimiento científico, innovación técnica y fomento de los montes durante el siglo XVIII.
Vicente Casals Costa 453

Apuntes biográficos 501