

MANUEL SILVA SUÁREZ, ed.

**TÉCNICA E INGENIERÍA
EN ESPAÑA**

III

EL SIGLO DE LAS LUCES
De la industria al ámbito agroforestal

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

PRESENTACIÓN

LENGUAJES DE LA TÉCNICA
EN TIEMPOS DE REVOLUCIONES

Son múltiples los hechos que indican que el Siglo de las Luces supone una trascendental aproximación hacia la contemporaneidad. Si sus comienzos contemplan una Revolución científica que ha alcanzado un importante grado de madurez, en la centuria también se sistematizan en varios frentes los conocimientos técnicos, sirviendo como expresión paradigmática la *Encyclopédie, ou Dictionnaire Raisonné des Sciences, des Arts et des Métiers* de Diderot y D'Alembert (1751-1772), cuya publicación viene a coincidir con el arranque en Inglaterra de la Revolución industrial. Por último, la Revolución francesa, referente histórico general para señalar el inicio de la Edad Contemporánea, marcará, casi a comienzos de la última década, un drástico cambio en las mentalidades.

En lo relativo a la técnica, la Revolución industrial –esencialmente energética y mecánica– supone la eclosión del maquinismo¹. Desde mediados del siglo XVIII, la fabricación de bienes comienza a incrementarse significativamente mediante la sustitución del trabajo humano por la máquina, llegándose a la paradoja de que ello no supondrá una mejora de las condiciones de los operarios en el marco laboral imperante. Esta dependencia del individuo frente a la máquina impondrá nuevas relaciones de producción insospechadamente duras. Productividad y pérdida de libertad del operario sobre la orientación y el ritmo de trabajo serán dos caras de un mismo proceso. Si bien la neta separación entre el diseño y la ejecución de artificios comienza a marcar desde el Renacimiento un desdoblamiento del artesano en ingeniero y obrero², ahora se agudiza y extiende la segregación, al tiempo que las tareas se parcelan, simplifican y tornan repetitivas, nada creativas, en el ámbito productivo. Además, el

¹ Sus primeros síntomas y el nacimiento del régimen fabril tienen por escenario privilegiado el sector textil inglés. Valga como apunte señalar innovaciones dieciochescas como la lanzadora volante (J. Kay, 1733); las máquinas de hilar algodón *spinning jenny* (J. Hargreaves, 1764), *water frame* (R. Arkwright, 1769) y *spinning mule* (S. Crompton, 1779); o el telar mecánico (E. Cartwright, 1784). En el ámbito energético y metalúrgico, las máquinas de vapor con condensador separado y de doble efecto (J. Watt, 1769 y 1784) y la fundición del hierro con coque (A. Darby, 1713). En Manchester, en 1789 se aplica por primera vez la máquina de vapor en una fábrica (v. por ejemplo, S. LILLEY: *Hombres, máquinas e historia*, Artiach, Barcelona, 1973).

² José ORTEGA Y GASSET: *Meditación de la Técnica*, Revista de Occidente, Madrid, 1939.

siglo XVIII es el de la institucionalización, con rasgos de gran modernidad, de profesiones técnicas como ingenieros, cartógrafos y arquitectos, para las que se definen programas formativos reglados.

Por otro lado, es sabido que los descubrimientos geográficos renacentistas condujeron a una primera visión global del planeta y a un drástico incremento de los intercambios comerciales. En este Siglo de la Razón, tanto el conocimiento de las otras partes del globo terráqueo como la intensidad de las transacciones económicas se perfeccionan de forma importante. Por ello, se llega a la conclusión de que la extraordinaria diversidad de los conjuntos de unidades de medida al uso³ y la carencia de una racionalidad entre ellas es un freno para ese flujo de conocimientos y mercancías. A instancia de la Academia de Ciencias parisina, la Revolución francesa impulsará en 1795 la unificación y racionalización de las unidades existentes, y su integración en un sistema con relaciones simples, para lo que adopta los múltiples decimales, dando lugar al llamado *Sistema métrico decimal*, con referencia básica inicial en el metro geodésico, y del que se derivan las unidades de superficie, volumen (por ejemplo, el litro) y peso (el kilogramo), entre otras⁴.

Trazar aun someramente los vectores principales de los cambios que se gestan en ese siglo optimista desborda la modesta pretensión de estas páginas introductorias, siendo necesario reconocer que, por ejemplo, la denominada Revolución industrial tardará realmente en hacerse patente en España. A continuación nos limitamos a mostrar, de forma muy sintética, que los lenguajes básicos de la nueva técnica, los medios generales para representar ideas o comunicarlas, soportes para el razonamiento informado, sufren un importante impulso. Tienen interés general la *lengua*, a veces impropriamente denominada lenguaje «natural», pura construcción artificial sujeta a la dinámica de la cultura; el *dibujo*, privilegiado medio de representación no sólo a la hora de transmitir información sobre apariencias geométricas o perspectivas, sino que desde el Renacimiento también pretende definir dimensionalmente realidades (territorios, edificios, máquinas, etc.) o plasmar y transmitir proyectos; y las *matemáticas*, capaces no sólo de modelar cuantitativamente una cierta realidad, sino también de deducir sus evoluciones, o de predecir cualitativamente comportamientos.

³ Por ejemplo, la unidad de longitud de una ciudad dada se solía grabar en algún punto fácilmente accesible: las puertas de la misma en las poblaciones islámicas, ya que sus mercados eran normalmente extramuros, o en los paramentos de una iglesia, en las cristianas.

⁴ En esa tarea estuvo presente la Corona española, con representante tan cualificado como el marino Gabriel Ciscar, por ejemplo (v. J. F. LÓPEZ SÁNCHEZ y M. VALERA CANDEL: «Gabriel Ciscar en el Congreso de unificación de pesas y medidas de París de 1798», *Asclepio*, vol. XLVI-1-1994, pp. 3-35). Inicialmente (1795) el metro se define con una referencia geodésica, la diezmillonésima parte del cuadrante del meridiano terrestre, para materializarse cuatro años después en una regla, de platino, depositada en París.

LA LENGUA

Un pensamiento mínimamente evolucionado es imposible sin la lengua⁵. Como afirma Martín Municio,

«filósofos, lingüistas, antropólogos coinciden en que sin el concurso de los signos seríamos incapaces de reconocer las ideas. El pensamiento sería una nebulosa donde nada está necesariamente delimitado, y donde nada sería distinto antes de la aparición de la lengua: el pensamiento es imposible sin el lenguaje»⁶.

De ahí que «la lengua es la primera ciencia que posee el hombre»⁷. Su interacción con el pensamiento llevó al razonamiento abstracto, esencial en la construcción de la ciencia y la técnica modernas, que continuamente han de identificar y nombrar nuevos conceptos o realidades tangibles (elementos, compuestos, ingenios). Ciencia y técnica son dos fantásticos impulsores de la expansión del lenguaje. Su terminología permite la comunicación interna dentro de las comunidades específicas, así como la difusión de la correspondiente cultura.

Desde el Renacimiento, los nuevos poderes y la realidad social hacen que las lenguas romances se dignifiquen. Por razones prácticas se emplean profusamente en el ámbito técnico, y en bastante menor medida en el científico⁸. En cualquier caso, el siglo XVI es consciente de ese progreso sobre los antiguos griegos y romanos, lo que lleva a la exaltación de lo moderno. Por consiguiente, la propia expresión en lenguas romances se convierte en cuestión honorífica, de afirmación en los incipientes contextos nacionales. No obstante, la literatura técnica renacentista todavía mantiene a veces adherencias retóricas, escolásticas, incluso míticas, propias del medioevo.

⁵ A la interacción entre la lengua y la técnica dieciochesca se dedica, en el volumen II de esta colección, el cap. 6, escrito por Pedro ÁLVAREZ DE MIRANDA: «Consideraciones sobre el léxico “técnico” en el español del siglo XVIII». Como referencia paralela, relativa al siglo XVI, se puede consultar el capítulo 8 del volumen I de esta misma serie, por M.ª Jesús MANCHO DUQUE: «La divulgación técnica: características lingüísticas», en M. SILVA SUÁREZ (ed.): *Técnica e ingeniería en España I. El Renacimiento*, Real Academia de Ingeniería, Institución Fernando el Católico y Pressas Universitarias de Zaragoza, 2004, pp. 307-340. Además de las referencias explícitas que seguirán, reflexiones sobre la lengua, la ciencia y la técnica se pueden encontrar en Bertha GUTIÉRREZ RODILLA: *La Ciencia empieza en la palabra*, Península, Barcelona, 1998; o Mauricio JALÓN: «¿Qué es la Ilustración Española? La centralización de las Ciencias», en J. L. PESET (ed.): *Historia de la Ciencia y de la Técnica en la Corona de Castilla. Siglo XVIII*, Junta de Castilla y León, Valladolid, 2002, pp. 23-47. Un desenfadado, divulgativo e interesante análisis, en un marco absolutamente general, en Álex GRIJELMO: *El genio del idioma*, Taurus, Madrid, 2004.

⁶ Ángel MARTÍN MUNICIO: «El español y la ciencia», en *II Congreso Internacional de la Lengua Española*, Valladolid, 2001.

⁷ *Ibid.*

⁸ La nueva técnica, iluminada por las ciencias, no será acogida en los latinizados claustros de una especulativa universidad fundamentalmente anclada en el escolasticismo.

Durante el siglo XVII el lenguaje se hace barroco, pomposo, vano, ambiguo, lo que conviene mal a las descripciones precisas y directas que la técnica y la ciencia exigen. Por otro lado, la cultura de la Ilustración, la Edad de la Razón, desde un nuevo “gusto” entabla una cruzada oficial contra la extravagancia presuntuosa de carácter lingüístico, en cierto modo análoga a la acometida contra los excesos arquitectónicos del barroco castizo y el churriguerismo. La nueva norma contemplará la sencillez y naturalidad en la manera de hablar y de escribir, combatiendo metáforas, anfibologías y perífrasis. Naturalidad, claridad, flexibilidad, capacidad de registros matizados, concisión y precisión son objetivos perseguidos. En particular, buscando la precisión se pretende contener la sinonimia y la polisemia, visando idealmente la correspondencia biunívoca entre significado y significante, aunque ello pueda cercenar registros literarios. La Real Academia Española (1714), sobre la base del castellano renacentista, adoptará un criterio racionalista, lo que se puede deducir de su conocido lema: *Limpia, fija y da esplendor*.

En los procesos de formación léxica de tecnicismos, por oposición a la creación de vocablos “nativos”, abunda la creación culta, la “derivación fabricada”, lo que da lugar a “vocablos adultos”⁹. A la universalidad de la técnica y la ciencia, las lenguas modernas responden también con “universalidad” léxica, a veces producto de laboriosos consensos para su mayoritaria aceptación, incluso objeto de normalización internacional, lo que explica la proporción de raíces grecolatinas. De este modo, se reducen las barreras nacionales y culturales y se facilita la traducción a otras lenguas, al tiempo que se exhibe un prurito de erudición e imparcialidad. Como neologismos, además de los formados con raíces clásicas, como la «vitalidad, cohesión, expansión y difusión y penetración de una lengua depende del prestigio que, para propios y ajenos, tenga la cultura de la cual es portadora»¹⁰, se incorporan con frecuencia italianismos, galicismos y anglicismos, también arabismos, recuerdo de su bien ganado prestigio y capacidad de generación medievales. En cualquier caso, se utilizan elementos compositivos propios de la derivación léxica, como las formaciones a partir de una base sustantiva o el predominio de ciertos sufijos patrimoniales que expresan transformación o acción (*-ción, -aje, -dor, -izar, -ificar*, etc.).

El desarrollo científico y técnico impulsa el avance del lenguaje y en el Siglo de las Luces se busca modelar el uso de la lengua empleando una matriz racionalista, ya que la razón «no puede extraer sus ideas, ni compararlas ni perfeccionarlas sino por medio de la palabra o del discurso»¹¹. Esto supondrá también una más depurada sintaxis, un discurso mejor alineado, lo que afecta a la ordenación precisa de las ideas, así

⁹ M.ª Antonia MARTÍN ZORRAQUINO: «Formación de palabras y lenguaje técnico», *Revista Española de Lingüística*, 27, 2, pp. 317-339.

¹⁰ Ángel MARTÍN MUNICIO, 2001, *op. cit.*

¹¹ M. G. de JOVELLANOS: *Diarios*, 14 al 30 de enero de 1794.

como el establecimiento de una nomenclatura específica de conceptos, elementos, mecanismos y artificios.

Según Antonio Capmany en sus *Discursos analíticos sobre la formación y perfeccionamiento de las lenguas, y sobre la castellana en particular*¹²,

«desde que en España se traduce bien [...] el idioma ha tomado un vuelo sublime, y ha recibido un nuevo lustre con el caudal de voces científicas, compuestas y naturales que ha adoptado de día en día [...]. Si yo hubiese de hablar aquí del estilo, haría ver que éste también se ha reformado prodigiosamente [...]. Esta innovación de la pureza de la expresión y del estilo, ha venido de la imitación de los buenos ejemplares de este siglo pensador, que ha reformado el gusto y el entendimiento, y por consiguiente el modo de raciocinar».

En efecto, en la incorporación de neologismos científicos y técnicos tuvieron un significativo papel los traductores de obras extranjeras¹³. Entre otros, científicos como Pedro Gutiérrez Bueno y Casimiro Gómez Ortega, artilleros como Juan Manuel Muñárriz e ingenieros militares como Miguel Sánchez Taramas o Tadeo Lope y Aguilar. El jesuita Esteban Terreros y Pando (1707-1782), en el prólogo de su traducción del *Espectáculo de la Naturaleza* (del abate Noël-Antoine Pluche, h. 1755), declara: «Me armé de Dictionarios, ya de Artes y Ciencias, y ya Universales, y así mismo de los Libros facultativos que pedía la variedad de materias que se trataba».

Consecuencia de este rigor será su monumental *Diccionario castellano con las voces de Ciencias y Artes* (Madrid, Viuda de Ibarra, 1786-1793), obra cumbre hispana en lo relativo a la lexicografía dieciochesca junto con el de *Autoridades* (de la Real Academia Española), aunque el de Terreros con cierto énfasis en términos técnicos. Publicado póstumamente, debido a la expulsión de la Compañía de Jesús, Terreros declara haberle dedicado sesenta mil horas de trabajo. Es un diccionario general de la lengua que contiene un significativo número de tecnicismos, tanto de artes liberales como mecánicas (Arquitectura, Carpintería, Labranza, Maquinaria, Sastrería, Tintes, etc.). Síntoma de modernidad, más allá de la cultura meramente literaria, afirma en su prólogo que no sólo

«acudía a las personas más sabias [sino que] me ha sido preciso ir de arte en arte y de facultativo en facultativo, informándome por mis ojos mismos, registrando las artes y viendo las operaciones y manejo de instrumentos, de modo que pudiese escribir con un conocimiento práctico».

¹² Original en paradero desconocido. Pedro Álvarez de Miranda, a quien agradecemos el dato, nos indica que debe de ser de 1773, no de 1776, fecha propuesta por el Conde de la Viñaza. Cita reproducida por Juan SEMPERE Y GUARINOS: *Ensayo de una biblioteca española de los mejores escritores del reinado de Carlos III*, tomo segundo, Imprenta Real, Madrid, pp. 142-143.

¹³ Josefa GÓMEZ DE ENTERRÍA: «Notas sobre la traducción científica y técnica en el siglo XVIII», *Quaderns de Filologia. Estudis Lingüístics*, VIII, 2003, pp. 35-67.

Si es una novedad de la literatura técnica del XVI la aparición en anexo de algunas obras de vocabularios específicos a la temática tratada, insertos con la intención de presentar vocablos «oscuros y dificultosos», a finales del XVII y durante el XVIII surgirán repertorios especializados¹⁴. Entre los dominios en los que se ofrecerán mayores innovaciones terminológicas están la botánica (bajo el frenesí taxonomista), la electricidad¹⁵ o la química, donde se produce una singular sustitución de la obsoleta terminología alquímica por una nueva, basada en los avances fulgurantes de las postreras décadas del siglo. Asumidos los conceptos de elemento y compuesto, se adoptará también una forma “algebraica monomial” a partir de los símbolos codificadores de los elementos que, inicialmente muy eficiente, se mostrará ineficaz décadas después al considerarse los compuestos orgánicos. La complejidad inherente a la identificación de conceptos y mecanismos será visible a través de cambios de significados, y de necesarios consensos internacionales para establecer nuevos vocabularios normalizados. De hecho, el estudio de la terminología es un magnífico vehículo para el estudio de la historia de la ciencia y la técnica¹⁶.

EL DIBUJO: CARTOGRÁFICO, ARQUITECTÓNICO Y DE MÁQUINAS

El lenguaje verbal y escrito es lineal, por lo que hay que extraer la estructura del relato, siendo además poco apto para tratar realidades geométricas complejas. En este

¹⁴ Dos campos en los que esto es más frecuente son la náutica y la arquitectura. Así, en el siglo XVI y en el primer ámbito, la *Instrucción náutica para el buen uso y regimiento de las naos, su traza y gobierno, conforme a la altura de México* (1587), de Diego GARCÍA DE PALACIO, presenta un importantísimo lexicón de unas quinientas voces: «Vocabulario de los nombres que usa la gente de mar en todo lo que pertenece a su arte»; el impreso de Tomé CANO: *Arte para fabricar, fortificar y aparejar naos* (Sevilla, 1611), contiene un considerable vocabulario, aunque más reducido, titulado: «Declaración de los Vocablos de esta fábrica». En la esfera edificatoria, Miguel de URREA traduce el texto vitrubiano (M. VITRUVIO POLLION: *De Architectura, dividido en diez libros, traducidos de Latín en Castellano por Miguel de Urrea, Architecto*, Alcalá de Henares, 1582), complementándolo con un interesante «Vocabulario de términos oscuros y dificultosos», con más de trescientas entradas. En el XVIII, en correspondencia, se encuentran obras independientes como el *Vocabulario Marítimo y Explicación de los Vocablos que usa la gente de Mar, en su ejercicio del Arte de Marear* (Sevilla, 1722), con unas cuatrocientas setenta entradas (es una versión corregida y completada con 245 vocablos de otra de 1696), y el *Diccionario de Arquitectura Civil* (Madrid, 1802), obra póstuma de Benito Bails (1730-1797), que contiene más de mil novecientos «términos de un arte».

¹⁵ José Antonio MORENO VILLANUEVA: «Algunas notas sobre la formación del léxico de la electricidad a partir de los textos de la segunda mitad del s. XVIII», en *Actas del IV Congreso Internacional de Historia de la Lengua Española*, Logroño, Universidad de La Rioja, 1998, II, pp. 541-552.

¹⁶ Para el caso de la química puede consultarse, por ejemplo, Antonio GARCÍA BELMAR y José R. BERTOMEU SÁNCHEZ: *Nombrar la materia. Una introducción histórica a la terminología química*, Ediciones del Serbal, Barcelona, 1999.

doble sentido es complementario el lenguaje gráfico, que se convierte en *lingua franca* de la técnica¹⁷. Téngase en cuenta que en el dibujo “técnico” –mucho más que geometría– intervienen variables de *estilo gráfico* (proyecciones, sombras, texturas, colores, líneas, símbolos, acotaciones...), constituyendo un medio expresivo esencial en la técnica¹⁸. Al igual que el lenguaje verbal o las matemáticas, como recurso de transmisión que permite su reflejo en soportes perennes, el dibujo favorece el “diálogo del diseñador consigo mismo”, convirtiéndose en indispensable medio de reflexión y experimentación sobre papel¹⁹.

La actuación de los ingenieros y profesiones conexas comprende desde el conocimiento morfológico del medio físico, su estructuración territorial (con fines administrativos, por ejemplo) y defensa, hasta el diseño de máquinas para operaciones concretas. Por ello, conviene considerar las diferencias técnicas esenciales del dibujo como recurso para la representación a finales del Renacimiento y del Siglo de las Luces²⁰. Valga como indicación previa que el siglo XVI es realmente revolucionario en conceptos y métodos para la especificación gráfica. El realismo inherente al arte de la época, donde se desarrollan múltiples teorías sobre la perspectiva, se refleja en descripciones que abandonan el carácter predominantemente simbólico, característico del mundo medieval. En el Quinientos se llegan a definir dimensionalmente las especificaciones (uso de proyecciones ortogonales), empleando algunos diseñadores el dibujo incluso como soporte abstracto para el razonamiento sobre posibles comportamientos, pudiéndose observar la evolución de los “retratos (ilustraciones o dibujos perspectivos) a esquemas geométricos”.

En lo que a la cartografía se refiere²¹, se distinguen dos niveles de descripción: una global, geográfica (matematizada), y otra local, corográfica (más bien pictórica).

¹⁷ A. FERGUSON: *Engineering and the Mind's Eye*, The MIT Press, Cambridge, Mass., 1992.

¹⁸ De hecho, su dominio permite plasmar diseños, con lo que en el Renacimiento la posesión de las técnicas del dibujo se convierte en gran medida en emblema discriminante entre los nuevos profesionales liberales (cartógrafos, ingenieros, arquitectos) y los operarios o artesanos constructores (M. SILVA SUÁREZ: «El lenguaje gráfico: inflexión y pervivencias», 2004, *op. cit.*, pp. 239-306).

¹⁹ El uso de sistemas informáticos altera hoy en día, en esencia, el medio mecánico de producción.

²⁰ Por consiguiente, este rápido apunte no pretende sobrevolar el riquísimo patrimonio gráfico disponible, sino que se centra en identificar algunos rasgos definitorios del dibujo “técnico” del siglo XVIII, que permitan diferenciarlo del renacentista, presentado con cierto detalle en M. SILVA SUÁREZ: «El lenguaje gráfico: inflexión y pervivencias», 2004, *op. cit.*, pp. 239-306.

²¹ Entre las múltiples referencias que enfatizan aspectos históricos o patrimoniales de la cartografía dieciochesca, lo que no es objeto de atención aquí, se encuentran: VV. AA.: *Historia de la Cartografía Española*, Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Madrid, 1982; H. CAPEL: *Geografía y matemáticas en la España del siglo XVIII*, Oikos-Tau, Barcelona, 1982; H. CAPEL: «Geografía y cartografía», en M. SELLÉS *et al.*: *Carlos III y la ciencia de la Ilustración*, Alianza Universidad, Madrid, 1989, pp. 99-126; A. BONET CORREA: *Cartografía militar de plazas fuertes y ciudades españolas, siglos XVII al XIX. Planos del Archivo Militar Francés*, Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, Madrid, 1991; M.ª L. MARTÍN-MERÁS: *Cartografía Marítima*

De forma muy simplificada y en el primer nivel, durante el Renacimiento se recupera la herencia helenística, en la que se encuentran ideas tan básicas como: 1) la “esfericidad” de la Tierra; 2) la utilidad de coordenadas de longitud y latitud (computables gracias a determinaciones astronómicas) para posicionar de forma absoluta un lugar; 3) el interés de proyecciones diversas para aproximar la representación sobre un plano, según el uso previsto del mapa²².

Desde el punto de vista del trazado, los métodos de *triangulación* muestran su enorme eficacia, junto con la determinación por medios cosmográficos de las coordenadas de latitud y longitud de puntos singulares. Si hubiera de destacarse un sistema de representación empleado de forma preponderante por la Casa de la Contratación en su ingente tarea cartográfica, sería el de *cartas planas*, retículas de longitud *versus* latitud, que desgraciadamente no son ni conformes, ni equivalentes, ni ortodrómicas, aunque sí prácticas para la navegación de la época. Entre las múltiples proyecciones renacentistas sobresale la conforme, introducida en 1569 por Gerard Mercator. Dado que las líneas loxodrómicas (rumbo constante) son rectas en el plano, la tarea del piloto se facilita de forma importante; sin embargo, este tipo de proyección fue muy poco empleada en el Renacimiento, ya que –rechazo de la innovación– los navegantes no la querían usar. En España será adoptada de forma sistemática por Vicente Tofiño de San Miguel en su *Atlas Marítimo de España* (1789), denominándose *esféricas* tales cartas (v. la fig. 11.9, del volumen II). En lo concerniente a la cartografía terrestre, la gran asignatura pendiente que deja el Renacimiento es la representación del relieve, que se suele hacer con métodos intuitivos en los que se emplean *abatimientos*, o *vistas a vuelo de pájaro* o similares (por ejemplo, proyecciones paralelas de muy diferente inclinación con respecto al suelo). En estos casos, si la orografía es importante, se producen oclusiones indeseables. En suma, si bien la planimetría es razonablemente expresada a finales del XVI, la altimetría habrá de esperar al XVIII para disponer de procedimientos alternativos mejores, así como instrumentos y

Hispana. La imagen de América, Lunweg/CSIC, Barcelona, 1993; A. HERNANDO: *El mapa de España. Siglos XV-XVIII*, Ministerio de Fomento/Instituto Geográfico Nacional, Madrid, 1995; R. L. KAGAN (coord.): *Imágenes urbanas del mundo hispánico: 1493-1780*, El Viso, Madrid, 1998. Perseguido por Jorge Juan y en palabras del marqués de la Ensenada, la realización de un «mapa de España científicamente levantado» será una tarea que no recibirá la suficiente atención hasta mediados del XIX. Sobre este particular, A. T. REGUERA RODRÍGUEZ: «Cartografía y Política. El proyecto del Mapa de España», *Estudios Geográficos*, tomo LVI, n.º 219, 1995, pp. 99-129.

²² Los sistemas de proyección cartográfica establecen correspondencias matemáticas entre las coordenadas geográficas y su representación en un plano, en el mapa. Las proyecciones *conformes* mantienen los ángulos, algo importante para navegar con rumbo constante: las curvas *loxodrómicas* se proyectan como rectas. En las proyecciones equivalentes las áreas en el mapa son proporcionales a las reales. En las *ortodrómicas* los círculos máximos (mínimas distancias entre dos puntos) se proyectan como rectas (recuérdese que en la esfera las líneas *loxodrómicas* no definen los trayectos de longitud mínima). Además, existen proyecciones en las que no se busca preservar matemáticamente ninguna de propiedad específica, sino un cierto compromiso.

métodos para estimar con cierta precisión la altitud de los accidentes geográficos. La evolución en la expresión del relieve durante el siglo XVI, y hasta avanzado el XVIII, fue esencialmente plástica: se mejora el realismo paisajístico al tiempo que se eleva el punto de vista, llegándose en algunos levantamientos incluso a perspectivas cenitales.

Los mapas del Setecientos llegan a exhibir concepciones gráficas bastante modernas. Preside la mejora una tensión entre el rigor geométrico y la expresividad plástica, compromiso que aún hoy en día no tiene solución única, en el que también tienen que decir especialistas en psicología o en arte (sobre relaciones entre estímulos –colores, texturas, luminosidades, gradientes, trazos– y percepciones). En España, bajo el impulso del conde de Aranda se sistematizan escalas, medidas y símbolos (ciudades, fortalezas, puentes, vegetación...). Para la representación del relieve, desde el siglo anterior se vienen considerando conjuntos densos de *puntos acotados*, técnica problemática, dada la ausencia de estructuración en los datos. Por otro lado se desarrollan métodos basados en *líneas estructurales* (aproximación poliédrica del relieve), *líneas de máxima pendiente* (con efectos inducidos sobre el sombreado)²³ y *curvas de configuración horizontal* (precedente inmediato de las *curvas de nivel*, también denominadas *altimétricas*, *hipsométricas* o *hipsoisas*²⁴; *de profundidad*, *batimétricas* o *isobatas* en el caso de que se describan fondos lacustres o marinos). Sin entrar en detalles, valga anunciar que, al terminar el Setecientos, mediante barómetros se pueden estimar razonablemente las altitudes²⁵, al tiempo que la instrumen-

²³ Al concluir el siglo XVIII, J. G. Lehman (1765-1811), profesor de la Escuela Militar de Dresde, mejorará la representación incorporando cuantificación geométrica, normalizando las líneas de máxima pendiente: separación en función de la escala, anchura en función del valor de la pendiente, y trazos de la longitud necesaria para especificar un desnivel dado. Se obtienen cartas rayadas, muy aptas para ser grabadas, suponiendo una iluminación cenital. Medio siglo después, merced a las nuevas técnicas coloreadas de reproducción, se jugará con la oscuridad de las tintas hipsométricas.

²⁴ Las curvas de nivel corresponden a las proyecciones ortogonales sobre un plano base (cota cero: el nivel medio del mar) de las intersecciones del terreno con sucesivos planos horizontales equidistantes, siendo la distancia de base función de la escala del mapa. A. BLÁZQUEZ, en «Una joya americana del siglo XVI» (*Revista de Geografía Colonial y Mercantil*, tomo VII, 3 y 4, 1910, pp. 81-98), tras una visión histórica de la representación del relieve en los mapas, presenta el de Chuquimayo (Cajamarca, Perú) del capitán Diego Palomino (1549), cuyos trazos sinuosos con inflexiones análogas a las hipsométricas del terreno se pueden tomar como curvas de nivel figuradas o aproximadas. Es decir, como curvas de configuración horizontal, precedente de las curvas de nivel que estarían disponibles un cuarto de milenio después. Muy controvertido, ejemplo de que las innovaciones se realizan a veces sobre múltiples mejoras menores, en sitios diferentes pero donde se dan las circunstancias requeridas, se suele presentar como referencia del uso primero de isolíneas en el mapa de N. S. Cruquius (1678-1754) sobre el estuario del Merwede (h. 1730), afluente del Rin.

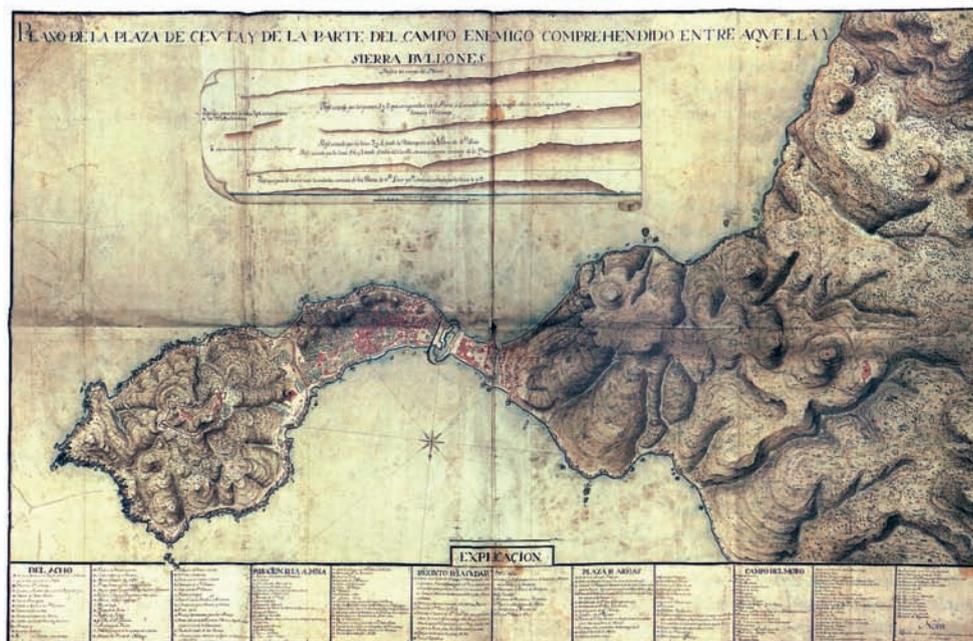
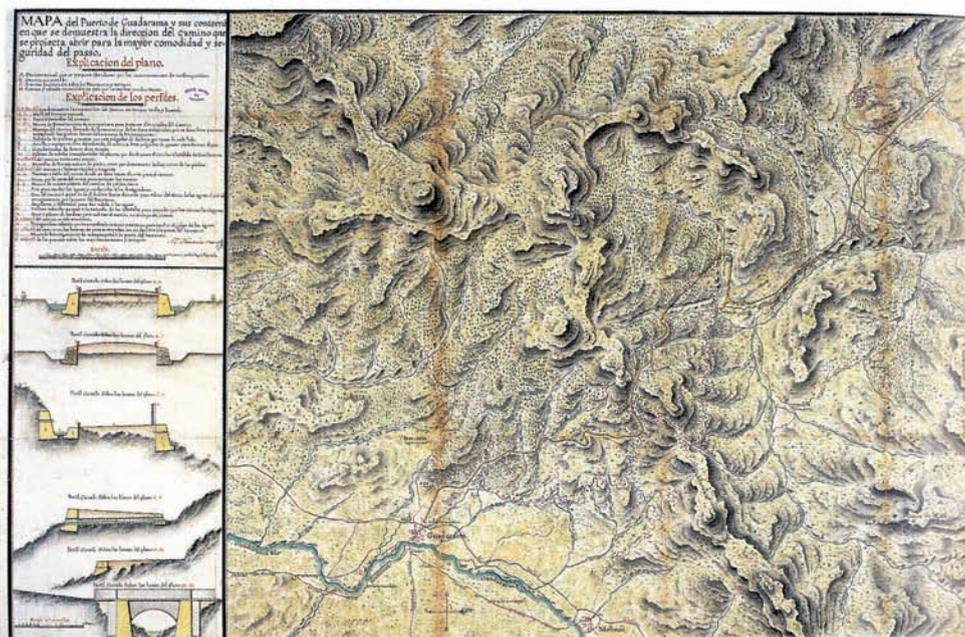
²⁵ La medición de alturas con barómetros tiene su origen en la comprobación (experimentos de 1641) de la existencia de la presión atmosférica por Evangelista Torricelli (1608-1647). En 1648 Blaise Pascal (1623-1662) demostró su variación con la altitud. Por medios barométricos, Alexander Humboldt (1769-1859) dedujo en 1799 la existencia de la meseta peninsular ibérica y estimó la altura del Mulhacén en unos 3.650 m (es decir, con un error del orden de +5 %).



0.1. Reedición del epítome de la cartografía terrestre renacentista: mapa de Aragón (proyección cónica) completado y corregido por el erudito Tomás Fermín de Lezaún (1777) sobre las planchas grabadas por Diego de Astor, discípulo de El Greco, para Juan Bautista Lavaña, 1619. (Mapa completo: ejemplar de la colección Pedro Adiego; detalle: ejemplar de la Biblioteca de la RSE Aragonesa.)

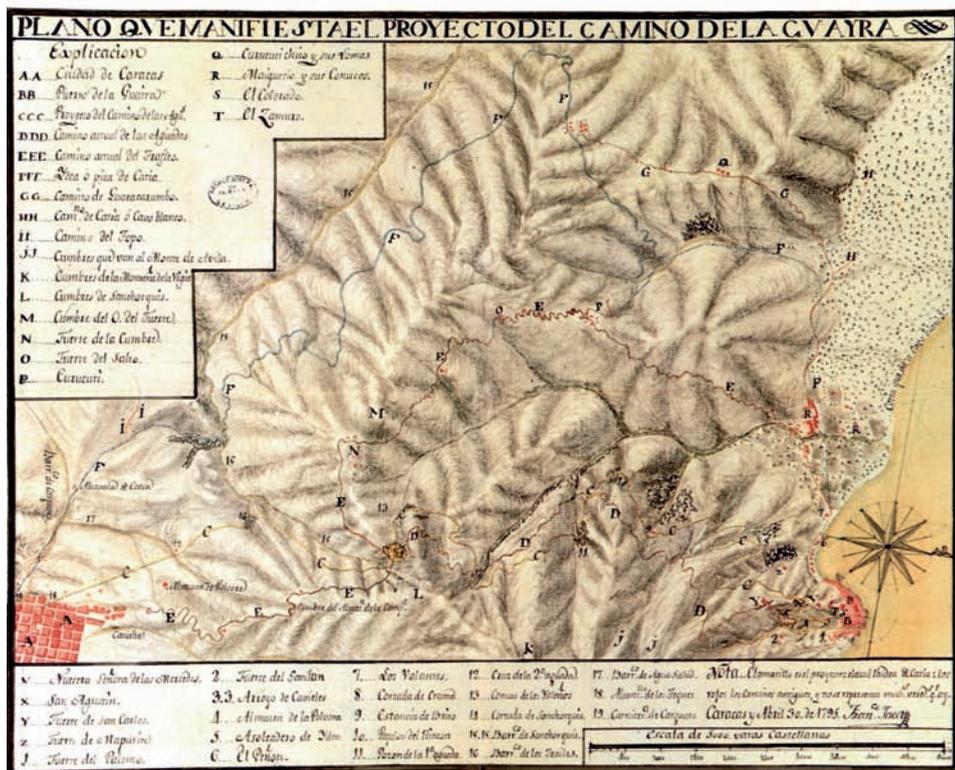


0.2. «*Mapa de parte de los virreinos de Buenos Aires, Lima, Santa Fe y capitania general de Caracas en la América Meridional con las colonias portuguesas limítrofes para acompañar al proyecto, y reflexiones sobre la mejor demarcación de límites entre los dominios de ambas coronas, dispuesto y construido por el brigadier e ingeniero en jefe Dn. Francisco Requena*», Madrid, 1796. (Biblioteca del Congreso.)

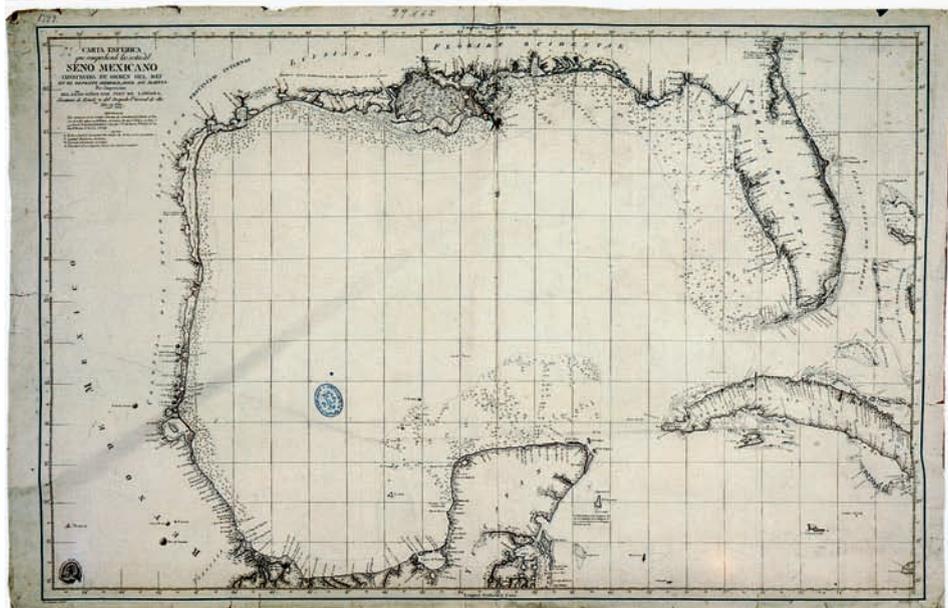
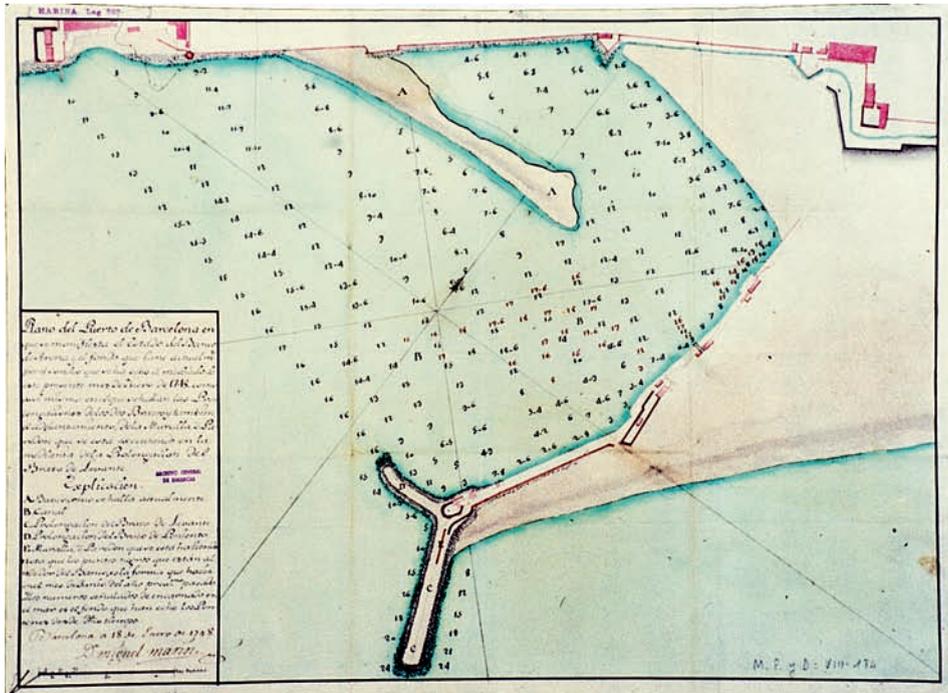


0.3. Líneas de configuración horizontal con sombreados y otros recursos gráficos:

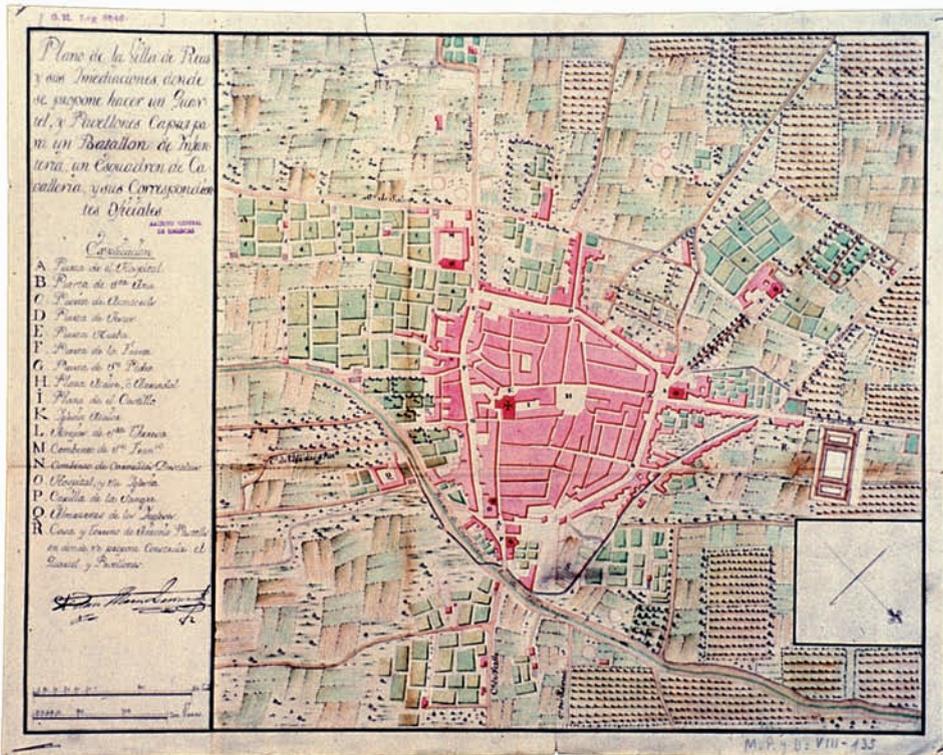
1) Francisco de Nangle: «Mapa del Puerto de Guadarrama y sus contornos, en que se demuestra la dirección del camino que se proyecta abrir para la mayor comodidad y seguridad del paso», 1749 (AGS, M. P. y D., XXIX-30); 2) «Plano de la Plaza de Ceuta de la parte del Campo enemigo, comprendido entre aquella y Sierra Bullones», mediados del XVIII (Museo Naval de Madrid, inv. 96-10). Otro bello, gráficamente minimalista y de una gran modernidad, mapa con líneas de configuración horizontal, muy anterior a los aquí presentados, es el del también ingeniero militar Luis Langot, «Planta de la salina de Cardona», h. 1717. (AGS, M. P. y D., 2, 9.)



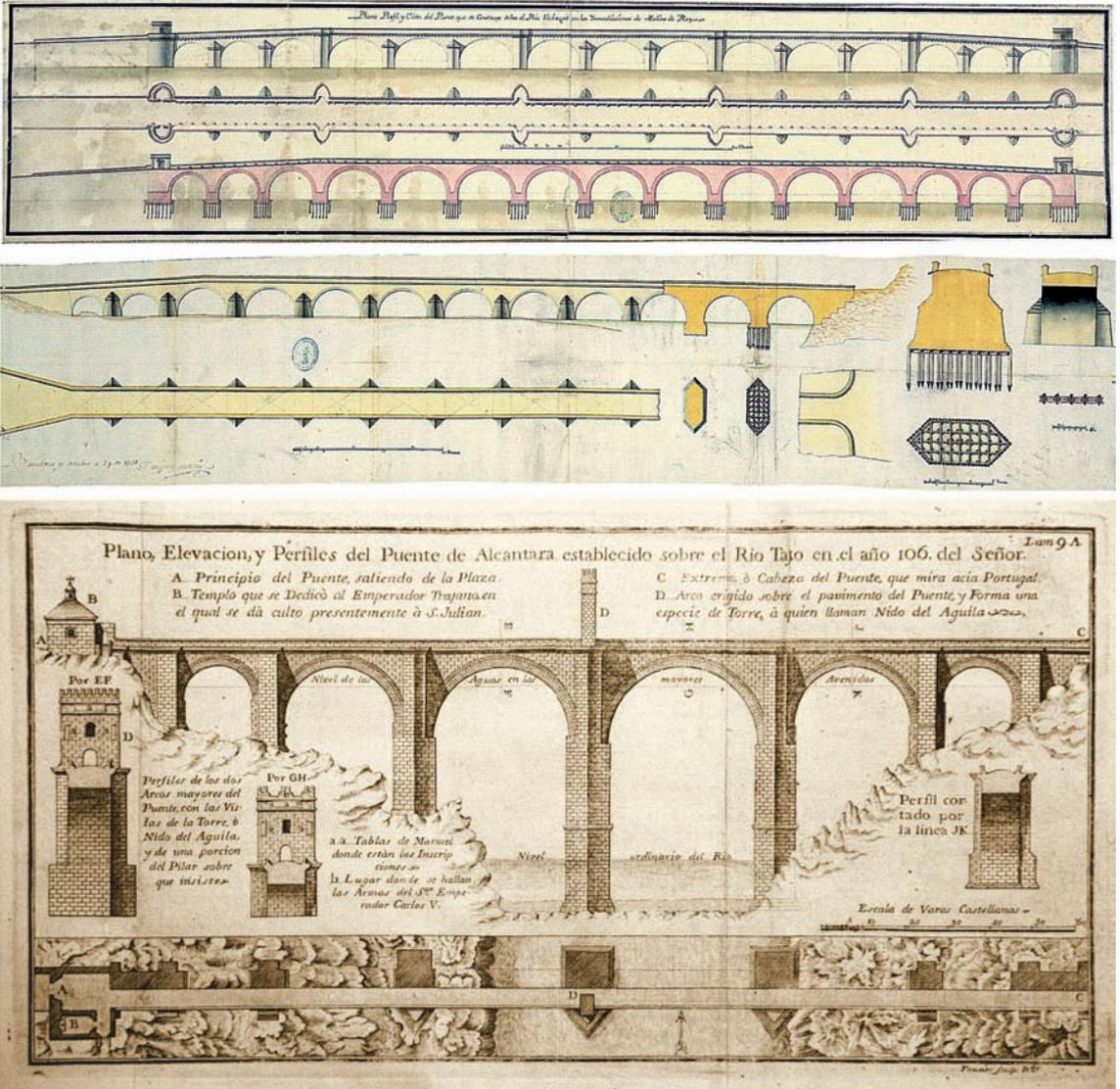
0.4. Expresiones plásticas del relieve con sombreados y aproximación a líneas de configuración horizontal y de máxima pendiente: Camino Real de Guayra a Caracas. Planos de los ingenieros militares Agustín Crame, 1778 (SHM, inv. 6096), y Francisco Jacot, 1795 (AGI, Venezuela, 235).



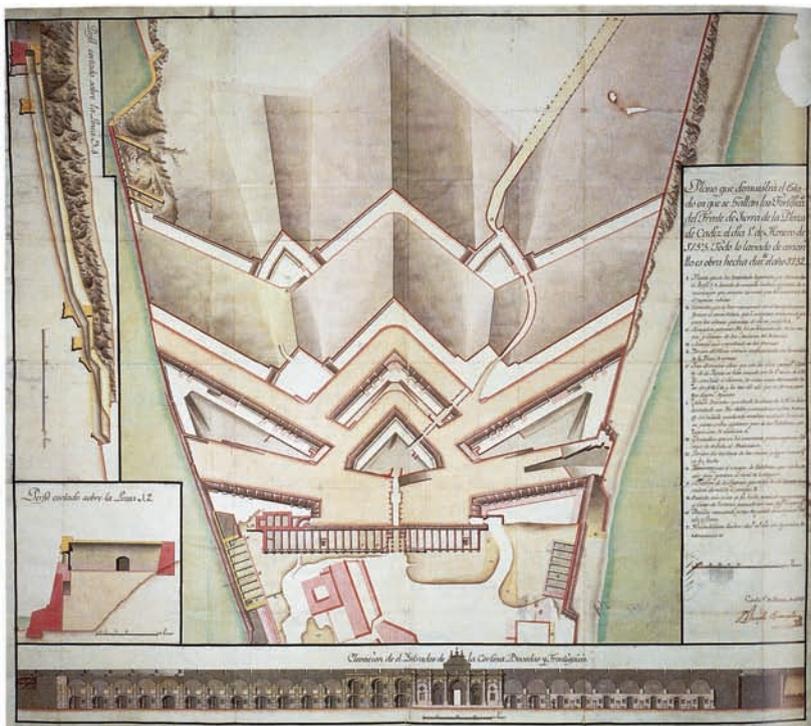
0.5. Puntos batimétricos en cartografía de ingenieros del Ejército y oficiales de la Marina: 1) «Plano del puerto de Barcelona en que se manifiesta el costado del Banco de Arena y el fondo que tiene actualmente por el sondeo que se ha hecho a mediados de este presente mes de enero de 1748», por el ingeniero militar Miguel Marín (AGS, M. P. y D., VIII-184); 2) «Carta esférica que comprehende las costas del Seno Mexicano», mandada hacer por Juan de Lángara, Depósito Hidrográfico de la Marina, 1799 (SHM, inv. 5.019).



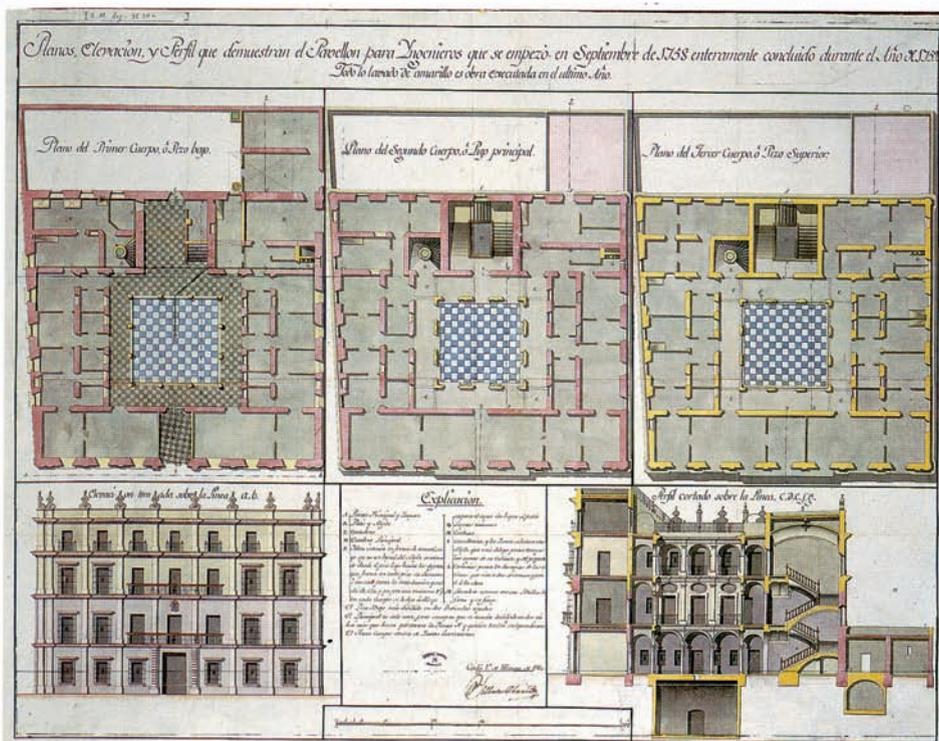
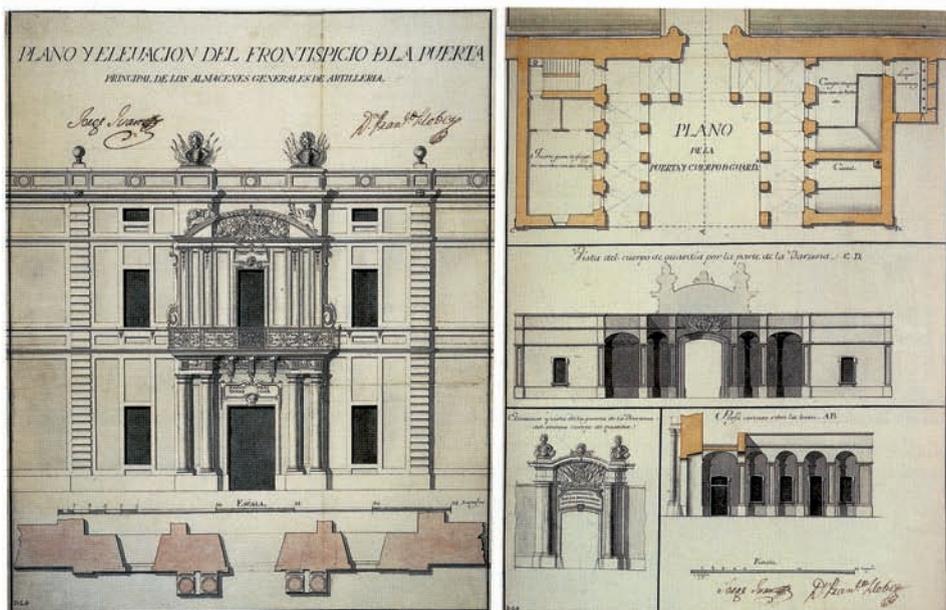
0.7. Representaciones urbanas: 1) «Plano de la villa de Reus y sus inmediaciones», por Juan Martín Zermeno, 1751 (AGS, M. P. y D., VIII-135); 2) Plano de la ciudad de la Plata, por Ildefonso Luján, 1779 (AGI, MP, Buenos Aires, 244 bis).



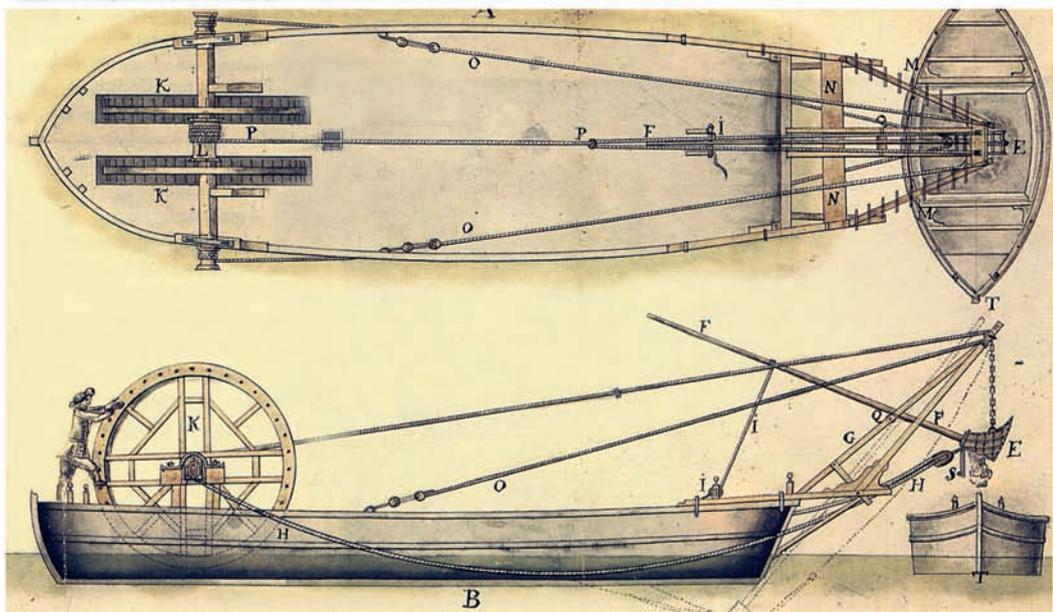
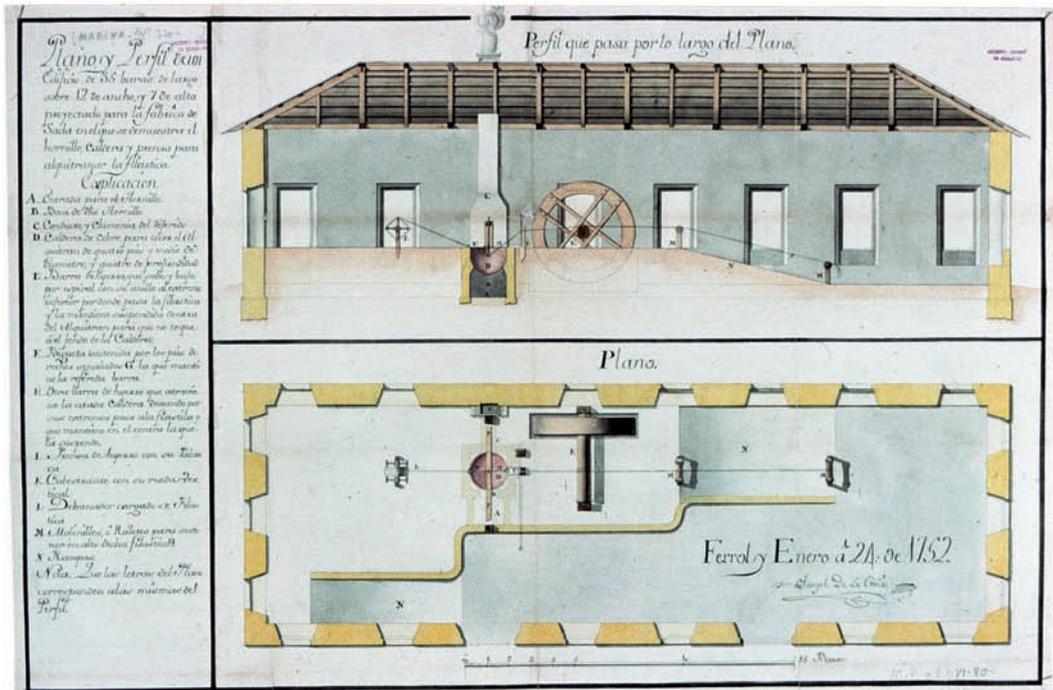
0.8. Representación de puentes: 1) «Plano, perfil y vista del Puente que se construye sobre el río Llobregat en las Ymediaciones de Molins de Rei», s.f., siglo XVIII (SHM, B-41/1.2330); 2) Plano sobre el puente del río Llobregat, por Miguel Marín, Barcelona, 1731 (SHM, B-45/1.2117); 3) «Plano, elevación y perfiles del puente de Alcántara», parte de las Adiciones de Miguel Sánchez Taramas a la traducción del A Treatise (1755), de John Muller: Tratado de fortificación, o Arte de construir los edificios militares y civiles (Barcelona, 1769); grabado de Paunier (Biblioteca de la RSE Aragonesa; fot.: M.S.S.)



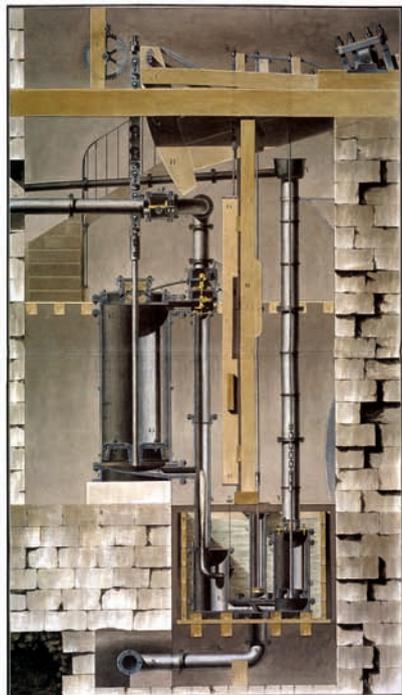
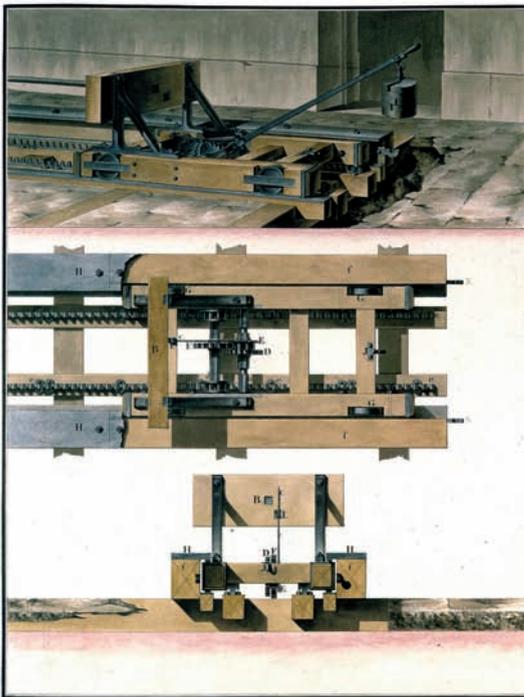
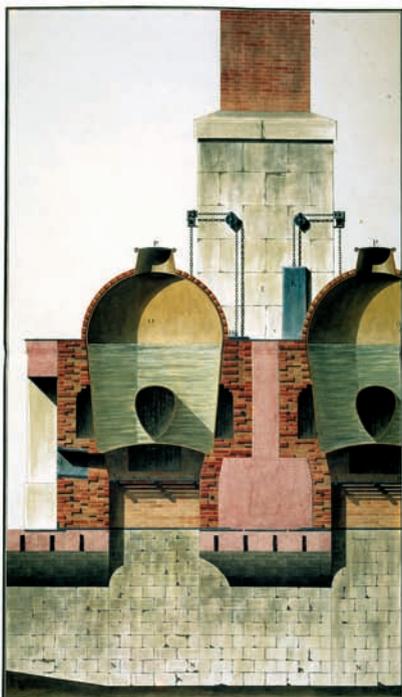
0.9. La arquitectura militar. Fortificaciones: 1) «Plano en que se demuestra el estado en que se hallan las Fortificaciones del Frente de Tierra de la Plaza de Cádiz, el 1.º de enero de 1753. Todo lo lavado de amarillo es obra hecha durante 1753», por Joseph Barnola (Museo Naval de Madrid, inv. P-2H-4); 2) «Plano de la plaza de San Fernando» (Archives du Génie, Chateau de Vincennes, París).



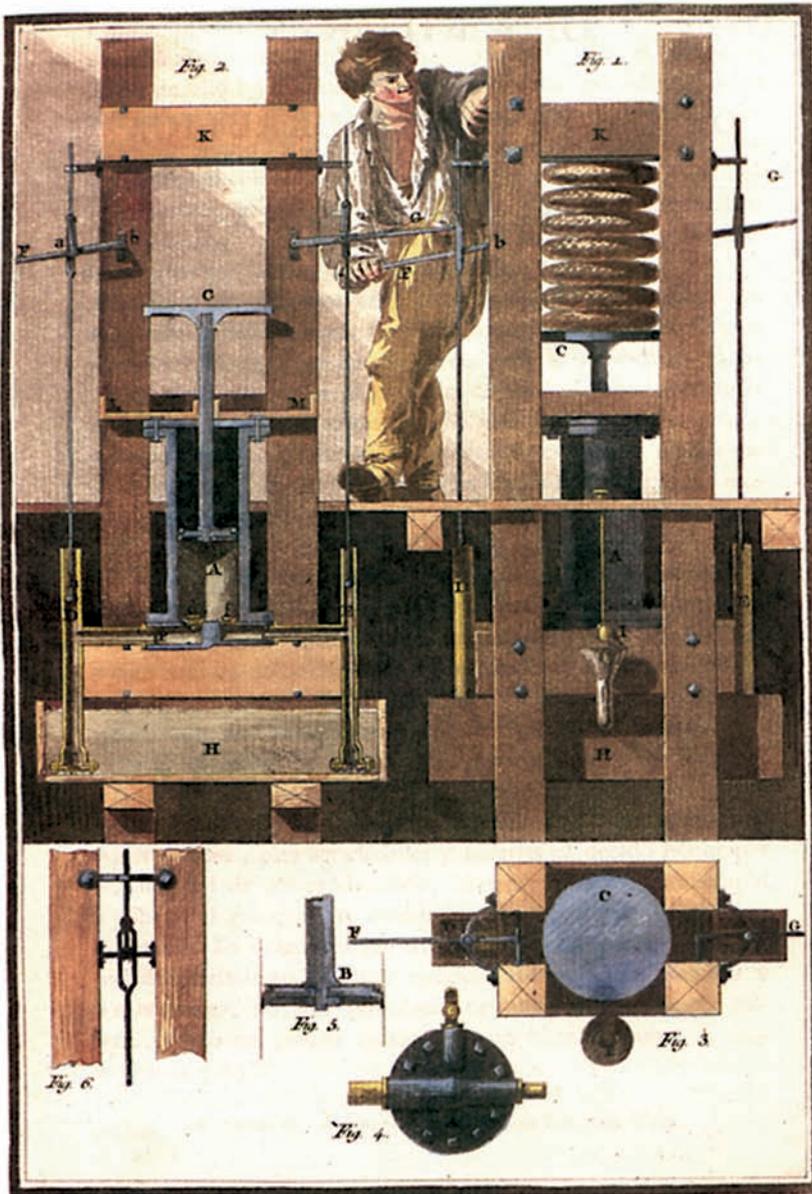
0.10. La arquitectura militar. Edificios para la base naval de El Ferrol: 1 y 2) «Plano y elevación del frontispicio de la puerta principal de los almacenes generales de artillería» y «Plano de la puerta y cuerpo de guardia del Arsenal de El Ferrol», ambos por Francisco Llobet y Jorge Juan (Museo Naval de Madrid, inv. P3-A-45 y P3-A-46); 3) «Planos, elevación y perfil que demuestran el pabellón para Yngenieros», por Silvestre Abarca, Cádiz, 1760.



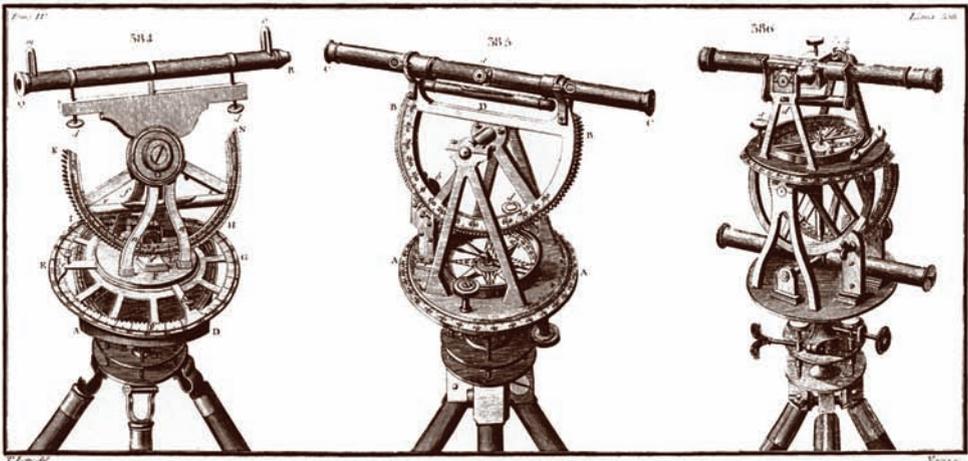
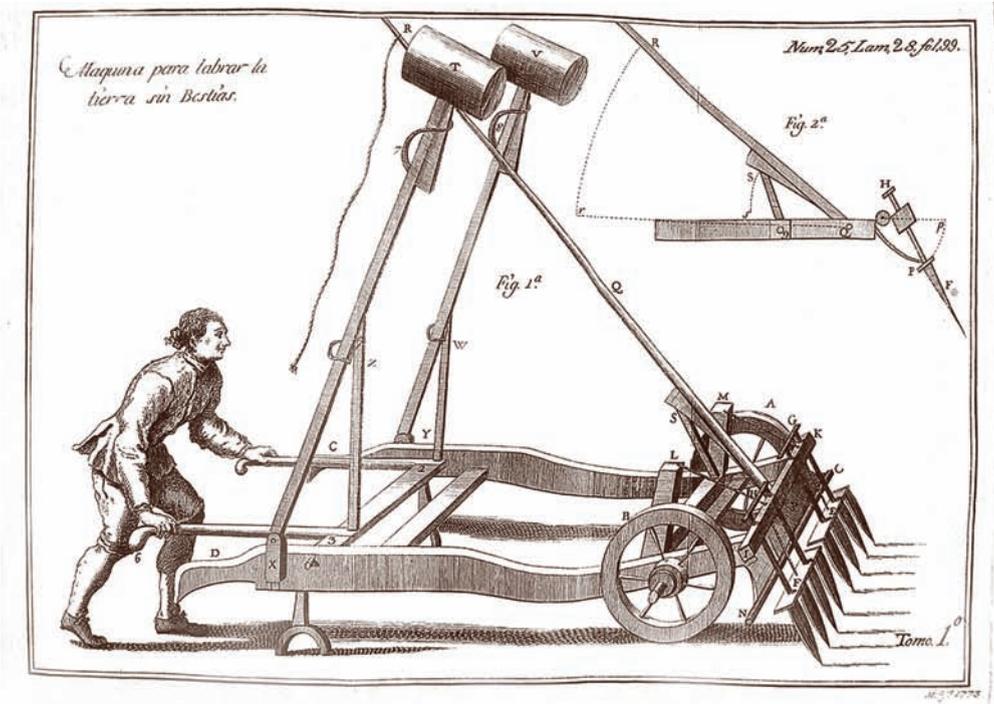
0.11. Instalación y máquina: «Plano y perfil de un edificio [...] para la fábrica de Sada en el que se demuestra el hornillo, caldera y prensa para alquitranar la filástica», por Joseph de la Croix, El Ferrol, 1752 (AGS, M. P. y D., VI-80); 2) Draga con una sola pala, proyectada para el puerto de Ceuta, por Esteban Panón, 1755 (AGS, M. P. y D., XV-50).



0.12. Dibujos lavados de Agustín de Betancourt: Descripción del establecimiento de Yndrid, donde se funden y barrenan los cañones de hierro para la Marina Real de Francia, 1791 (*Biblioteca del Palacio Real de Madrid, IX-mesa 97*): 1) Sección de los hornos para fundir cañones y caldera; 2) Carro con ruedas y carril de hierro fundido para desplazar las barrenas; 3) Sección principal de la máquina de vapor de simple efecto; 4) Perspectiva del balancín de la máquina de vapor. (Láminas, VII, XXI, XI y XII, respectivamente.)



0.13. Bartolomé de Sureda: «La prensa de Bramah» (1798), en Descripción de las máquinas de más general utilidad que hay en el Real Gabinete de ellas, establecido en el Buen-Retiro, n.º I. Prensa Hidráulica, por Juan López de Peñalver, Madrid, 1798 (ETSI de Caminos, Canales y Puertos, sig. 82-a-416). La lámina está grabada por una técnica aprendida en Londres, cuando acompañó a Betancourt (1793-1796). Se llama a la aguada y es –según afirma– la primera vez que la practica en España (se la enseñó a Goya, muy probablemente el año anterior, utilizándola magistralmente el maestro de Fuendetodos en sus Caprichos, 1798-1799). La cubierta de este volumen, también realizada a la aguada, reproduce la segunda ilustración de Sureda para la misma colección.



0.14. Perspectivas para ilustrar: 1) Ingenuidad gráfica e imposibilidad física en la «Máquina para labrar la tierra sin bestias», núm. 25, lám. 28, fol. 99 de 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 y Núñez, Madrid, Imprenta de Don Pedro Marín, 1783; 2) Instrumentos topográficos grabados para la Imprenta Real, texto sobre Agrimensura y matemáticas (cuyo tomo IV se dedicaba a Geometría práctica), h. 1800, en el que trabajó Tadeo Lope y Aguilar. No se llegó a publicar.

tación topográfica y los métodos trigonométricos mejoran bastante la precisión de las estimaciones altimétricas. En suma, en el siglo XVIII la altimetría y su plasmación cartográfica adquieren una gran importancia, aunque los métodos de representación no son aún tan rigurosos ni precisos como los empleados en la planimetría, que a su vez se mejora con triangulaciones más densas y un más intensivo uso de instrumentos cosmográficos de precisión. Las representaciones basadas en *curvas de nivel* o en *normales* serán objeto de desarrollo desde comienzos del siglo XIX, pero las bases están apuntadas²⁶.

Como «una imagen vale más que mil palabras», para educar la vista se ha incluido una selección de **cartografía** que ilustra las técnicas más representativas empleadas en el XVIII, de modo que se puedan apreciar algunas de las mejoras introducidas²⁷. El mapa en las imágenes de la figura 0.1 es ejemplo de cartografía erudita, de gabinete. Es en esencia el célebre de Juan Bautista Lavaña (1619), epítome de la cartografía grabada renacentista, aunque puntualmente perfeccionado. Acerca del levantamiento de Lavaña se puede leer en la cartela de *Advertencias*:

«Toda esta descripción se ha hecho con Observaciones Geométricas i Astronómicas reconociendo con ellas el Sitio de todos los lugares cuyas distancias son medidas por el ayre».

Realizado por el erudito zaragozano Tomás Fermín de Lezaún sobre las planchas grabadas para Lavaña por Diego de Astor, discípulo de El Greco, incorpora información (añade 336 poblaciones) y corrige algunos datos erróneos. Excelente ejemplar, aunque poco conocido en su época, fue mandado retirar tras su impresión, debido a razones políticas relativas al trazado de la frontera con Francia. Obsérvese la representación intuitiva de la orografía (puede compararse, por ejemplo, la altura del Moncayo con la de los grandes picos pirenaicos, que aparecen prácticamente de perfil, casi abatidos), que es aún típicamente renacentista, y técnica bastante empleada en el XVII (conviene comparar esta representación del relieve con la que se muestra en las figs. 0.3 y 0.4; la fig. 0.5 concierne al caso submarino).

²⁶ En un marco general es de provecho una referencia como N. J. W. THROWER: *Mapas y Civilización. Historia de la cartografía en su contexto cultural y social*, Ediciones del Serbal, Barcelona, 2002; y con respecto a las proyecciones, J. P. SNYNDER: *Flattening the Earth-2000 Years of Map Projections*, University of Chicago Press, Chicago, IL, 1993. En el ámbito de la representación de la orografía son de gran interés los trabajos de E. IMHOF: *Cartographic Relief Presentation*, Walter de Gruyter, Berlín-Nueva York, 1982, y de Á. PALADINI CUADRADO: «La representación del relieve en los mapas a lo largo de la Historia», *Servicio Geográfico del Ejército. Boletín de Información*, 72, 1991, pp. 11-49, con abundancia de ejemplos de la cartografía hispana, pero no sólo; también M. RUIZ BUSTOS: «El relieve terrestre en la cartografía histórica», *Cuadernos Geográficos de la Universidad de Granada*, 18, 1998, pp. 199-221, y M. Á. LEÓN CASAS *et al.*: «La representación de la orografía del territorio a lo largo de la historia», en *XIII Congreso Ingegraf*, Badajoz, 2001 (CD-ROM).

²⁷ Intencionalmente, en la selección de especímenes cartográficos no hemos repetido ninguno de los reproducidos por Á. PALADINI CUADRADO en «La representación del relieve en los mapas a lo largo de la Historia», 1991, *op. cit.*

El mapa de Francisco Requena y Herrera (fig. 0.2) muestra el conocimiento y plasmación planimétrica del interior del continente sudamericano. Su presencia aquí es un homenaje a ingenieros militares como Requena o Azara, y a diversos oficiales de la Armada, corporación responsable en la célebre Comisión de Límites con Portugal, emanada del Tratado de San Ildefonso (1777), que estuvieron involucrados en tan gigantesca tarea. La fig. 0.3 presenta la idea de *curvas de configuración horizontal*. Las diversas líneas “paralelas” no están graduadas ni equiespaciadas en altura, lo que convertiría la representación en una de *curvas de nivel*, mejora esencial que permite aproximar la geometría real y que se producirá posteriormente. En el mapa superior se observan secciones con construcciones planificadas, mientras que en el inferior los cortes transversales son representativos de la inclinación del terreno y pretenden ofrecer una mejor idea de la orografía, al menos en planos considerados singularmente sensibles. Una comparación entre las curvas de configuración horizontal y las *líneas de máxima pendiente* (procedimiento usado en la segunda mitad del Setecientos) se establece en la fig. 0.4. Obsérvese que el norte está hacia abajo en el primer mapa, y hacia la derecha en el segundo. Aproximadamente en el centro y a la derecha se puede comprobar con nitidez la diferente representación de un importante macizo para el que no podemos deducir su altura real (la representación es aún una mejora plástica, pero no específica la geometría). En el empleo de líneas de máxima pendiente, como en las renacentistas vistas a vuelo de pájaro o perspectivas caballerías, la incorporación de *sombreados* mejora la legibilidad (la técnica del claroscuro es hallazgo del Renacimiento, que ahora se perfecciona en sus aspectos técnicos). De forma aproximada, la iluminación proviene del mediodía, lo que muy probablemente indica que el dibujante tenía la ventana principal de su mesa de trabajo a la mano izquierda, como ocurre en el plano superior (sólo que entonces significa una iluminación, aproximadamente, desde el este). Para definir las alturas, durante el XVII se emplearon a veces los *puntos acotados*. En este caso, en ausencia de una superior estructuración de la información, una nube de puntos indica alturas, lo que, si bien precisa las dimensiones en sentido vertical al plano de representación (el papel), lo llena de guarismos, haciendo su lectura penosa. En realidad, es en la definición de profundidades marinas donde esta técnica rudimentaria halla su más amplio uso, ya que en la planitud de la superficie marina se pueden poner esos datos sin que se oculten informaciones significativas.

La fig. 0.5 muestra dos casos, un plano de detalle relativo a un puerto y una carta esférica (mercatoriana) donde los puntos se especifican en las cercanías de la costa. En el Setecientos comenzarán a unirse más o menos racionalmente puntos de idéntica o análoga profundidad, dando lugar a líneas batimétricas²⁸. Finalmente, en la

²⁸ Por ejemplo, en un mapa de la bahía de Cartagena de Indias, 1769, debido al coronel de ingenieros Antonio de Arévalo (M. Á. LEÓN CASAS y J. C. SAN ANTONIO GÓMEZ: «La representación del territorio mediante el procedimiento de las curvas de nivel. Los primeros planos españoles», en *XIII Congreso Ingegraf*, Badajoz, 2001, en CD).

misma centuria aún son muy frecuentes las vistas en perspectiva, en las que no se busca una definición geométrica, sino evocadora de la situación. Dentro de esa línea, la fig. 0.6.1 ofrece una vista a vuelo de pájaro. Sin embargo, la fig. 0.6.2 presenta un conjunto de dibujos donde planimetría y perfil se convierten en proyecciones complementarias, algo de gran interés para los navegantes, ya que lo que realmente “ven” directamente al aproximarse a una costa es su perfil.

En su parte superior, la fig. 0.7 muestra un plano urbano cenital, con empleo discriminante de color y un sombreado (fachadas marcadas) que pretende sugerir un cierto realismo volumétrico. Las sombras de los árboles se cohesionan con la acentación anterior. La segunda imagen es más ingenua: en lo básico es como una perspectiva de tipo militar (paralela y oblicua, con el plano de proyección horizontal, que preserva la planta), aunque no se maneje con rigor en toda la escena, confundiendo en parte planimetría y orografía.

En el **dibujo arquitectónico** renacentista, los alzados, plantas, proyecciones paralelas ortogonales sobre planos de interés, secciones o cortes, y vistas auxiliares en correspondencia, con escala definida, se emplean profusamente. En el siglo XVIII se mejora y extiende su uso, matizando o codificando con diferentes grosores las líneas, sombreado (por carga de tinta o rayado), empleando líneas de puntos para contornos y aristas ocultas. Con el empleo de proyecciones ortogonales, más que ilustrar se especifica la geometría de edificios y máquinas, que también empiezan a usar estas técnicas de representación gráfica, al tiempo que el diseñador se distancia progresivamente del constructor físico de las mismas.

Las ilustraciones que siguen corresponden a construcciones particulares. No obstante, es esencial insistir en que el uso sistemático de proyecciones ortogonales (básicas y secciones) en la arquitectura es herencia del Renacimiento²⁹. En la fig. 0.8, parte superior, se muestran dos representaciones de un mismo puente: en ambos casos se observa el alzado y la planta. Las secciones longitudinales se tratan de forma distinta, bien con definición completa, bien en sólo parte del alzado. La segunda representación define mejor, mediante cortes transversales, la construcción. En ambos casos el color tiene un papel esencialmente decorativo. Para el puente de Alcántara (fig. 0.8, abajo) se usa con rigor la planta y el alzado, pero la topografía de su emplazamiento está tratada más con ánimo decorativo que especificativo, asemejándose en la planta a curvas de configuración horizontal.

Los dos planos de arquitectura militar de la fig. 0.9 destacan por la limpieza de sus trazados y la calidad del lavado con colores. En el superior se encuentra una de las claves para el profuso empleo de colores en los planos de ingenieros militares: «Todo lo lavado de amarillo es obra hecha durante el año de 1752». Es decir, el color no sólo

²⁹ Sobre la evolución del dibujo arquitectónico a lo largo de diferentes épocas puede consultarse J. SÁINZ: *El Dibujo de Arquitectura*, Nerea, Madrid, 1990, y J. I. SAN JOSÉ ALONSO: *Apuntes sobre el desarrollo del dibujo arquitectónico*, Publicaciones de la Universidad de Valladolid, 1997.

suele aportar legibilidad y belleza, sino que tiene una función codificadora: lo nuevo, lo antiguo, lo proyectado, lo derruido... Análogo comentario se puede establecer con el plano inferior de la fig. 0.10: en la imagen superior izquierda se muestra un alzado (con planta en correspondencia para la fachada); en la derecha, planta, secciones en alzado y detalles.

En la **representación de máquinas** durante el XVIII se mejora el renacentista uso de perspectivas lineales y axonométricas “intuitivas”, de proyecciones ortogonales, de secciones y vistas fantasmas, de sombreados y lavados, de despieces y de esquemas. No obstante, aún es patente lo pictórico, plasmándose con frecuencia una bipartición o “dualidad artístico-técnica”, donde ambientación y uso coexisten con especificaciones geométricas rigurosas.

Las dos figuras que siguen corresponden a instalaciones fabriles o máquinas. En la primera se enfatizan las correspondencias plantas-alzado; la fig. 0.12 muestra un magistral uso de la técnica pictórica (el XVIII produce una ingente cantidad de dibujos lavados de una excelente calidad) por parte de Agustín de Betancourt, fruto de una actuación de espionaje. Muy representativa del dibujo técnico dieciochesco es la imagen superior derecha; al igual que en multitud de láminas de la *Encyclopédie*, es bipartida: en la parte inferior hay una especificación, para lo que se emplean proyecciones ortogonales, mientras que en la superior se refleja una perspectiva (en la *Encyclopédie* frecuentemente animadas con personajes o animales), que tiene por objeto completar la definición geométrica con una visión ambiental plausible. Son los coletazos de un tránsito, de una coexistencia del dibujo estrictamente técnico (proyecciones ortogonales, de especificación) y el artístico (vistas que informan sobre el uso y el entorno)³⁰.

La fig. 0.13 pertenece a lo que se podría denominar epítome del dibujo técnico ilustrado hispano. La coexistencia de especificación y animación está presente, aunque aquí de una forma más elaborada, pues se anima en la parte superior el mismísimo alzado principal de la prensa (fig. 1), colocándose a su lado una sección vertical de la misma (fig. 3). Ambas están en correspondencia con la planta o visión cenital (fig. 2). La fig. 0.14 muestra dos imágenes que no pretenden una especificación geométrica sino ilustrar, por lo que emplean perspectivas. La superior corresponde a un catálogo de máquinas que recuerda a los *Teatros de máquinas* renacentistas, donde entre sugerencias mecánicas interesantes, a veces se deslizan “máquinas imposibles” o de casi imposible uso, como es el caso; las imágenes inferiores, grabadas para la Imprenta Real, tienen una calidad gráfica muy superior. Conviene recordar, como colofón de esta vertiginosa visión de las técnicas de expresión gráficas empleadas en el Siglo de

³⁰ P. ZULUETA PÉREZ y R. SUÁREZ SÁNCHEZ: «Alrededor de los planos y dibujos para despiece de máquinas y otros artilugios», en *XII Congreso Ingegraf*, Valladolid, 2000 (CD-ROM); P. ZULUETA PÉREZ *et al.*: «El uso de la sombra en los planos y dibujos de los científicos de la Ilustración», en *XVII Congreso Ingegraf*, Sevilla, 2005 (CD-ROM). Sobre ilustraciones técnicas propiamente dichas: ELISABEL LARRIBA: «L'art au service de la divulgation scientifique: le rôle des gravures dans le “Semanario de Agricultura y Artes dirigido a los Párrocos” (1797-1808)», *El Argonauta Español*, n.º 2, 2005.

las Luces, que los procesos de mejora no son monótonos, y coexisten (y coexistirán) dibujos técnicamente muy elaborados y precisos con otros mucho más ingenuos (véanse, por ejemplo, las figs. 5.13 y 5.14), que, incluso toscos, pueden ser enormemente expresivos.

LAS MATEMÁTICAS

Históricamente, las diferentes ramas de la ingeniería han progresado de la mano de conceptos y técnicas matemáticas, al tiempo que los ingenieros han aportado soluciones a problemas, o motivaciones para su desarrollo³¹. En ello subyace la idea galileana de que la Naturaleza se rige por leyes escritas en el lenguaje (artificial) matemático, que contiene «el alfabeto con el que Dios escribió el mundo». A partir de Galileo, tanto para la nueva ciencia como para la nueva técnica, las matemáticas confirmarán su papel de lenguaje esencial, al tiempo que la observación y la experimentación de fenómenos naturales o del comportamiento de artefactos serán criterios metodológicos inexcusables. Mediante las matemáticas se puede

«prescindir de lo descriptivo a favor de lo cuantitativo; se sustituye la palabra por la magnitud y su valor por el número. Merced a las matemáticas, las estrellas han salido de la mitología para figurar en las tablas de las magnitudes astronómicas. Y cuando las matemáticas se instalan en el meollo de una ciencia, los conceptos de esa ciencia, sus métodos y su comprensión se vuelven, inexorablemente, menos reducibles al lenguaje corriente»³².

En sentido estricto, las matemáticas son bastante más que un lenguaje, que un sofisticado medio de transmisión. Ciencia *Príncipe* en el mundo clásico, nacida de requerimientos prácticos, su eficiente penetración en una disciplina puede considerarse síntoma de madurez en la misma. La correspondencia entre representación abstracta (modelo formal) y realidad es algo que se comienza a aceptar de forma generalizada ya en el siglo XVI. Los modelos formales, reelaboración de los mentales, se expresan en lenguaje matemático, y el razonamiento y el cálculo de propiedades del sistema objeto de estudio se sustituyen por derivaciones lógicas y cálculos en el

³¹ El empleo de métodos formales cuantitativos en ingeniería es tan importante que ha llevado a decir que «la técnica actual, la que nos llega de la Revolución industrial, padece de la incontinencia aritmética de la Naturaleza» (J. D. GARCÍA BACCA: *Elogio de la Técnica*, Anthropos, Barcelona, 1987, p. 145).

³² Ángel MARTÍN MUNICIO, *op. cit.*, 2001. El comentario se hace en relación con la biología. Textualmente, se apunta que cuando «se interpreta en términos de la química y de la física, resultan de esta manera las zonas del conocimiento que responden a los nombres de *bioquímica* y *biofísica*». En el siglo XVIII el comienzo de la cuantificación es una gran novedad en la química. Sin embargo, la «imposibilidad» de aplicar las matemáticas en diversas disciplinas, al margen de la elaboración de taxonomías (empleo de la lógica), produce desencantos en lo que parecía una inmediata mecanización del mundo, siguiendo la estela de Newton.

modelo. Ahora bien, sus resultados habrán de ser finalmente interpretados en términos de propiedades del sistema modelado. Es decir, la matematización de un sistema es un camino de ida y vuelta entre la realidad tangible y el mundo de la abstracción, de las ideas³³.

El Renacimiento hereda de la matemática medieval la Geometría y la Aritmética (artes del *Quadrivium*). A mediados del XVI, Nicolás Tartaglia (1500-1557) aborda la resolución de las ecuaciones de tercer y cuarto grado y, posteriormente, François Viète (1540-1603) abre el camino a la transformación del álgebra retórica (ambigua, imprecisa, pesada) en álgebra simbólica (empleando la denotación de variables o la transformación en simbólicas de las argumentaciones algebraicas). También conviene reseñar, ya al alba del XVII, las contribuciones de Simón Stevin (1548-1620) al cálculo numérico, empleando decimales, así como de John Napier (1550-1617), relativas a la transformación logarítmica. De todo ello se beneficiará la nueva navegación.

La evolución de las matemáticas en el paso del tardorrenacimiento a la Ilustración es realmente vertiginosa³⁴. El siglo XVII ve desarrollarse un fantástico programa en el que la matematización del comportamiento del Universo se estudia desde Galileo (1564-1642), teniendo a Isaac Newton (1643-1727) como representante mayor. Los dos desarrollos más espectaculares de la nueva matemática que legará el Seiscientos son: la *geometría analítica*, aplicación del álgebra a la geometría, lo que permite unificar los conceptos de análisis (relaciones numéricas) y de geometría (relaciones espaciales) y a la que contribuyen esencialmente René Descartes (1596-1650) y Pierre de Fermat (1601-1665); y el *cálculo infinitesimal* (cálculos diferencial e integral), en el que, sin entrar en polémicas de precedencia, los dos nombres fundamen-

³³ Todo modelo formal se construye en función de determinados objetivos, buscando un compromiso entre fidelidad y capacidad de cálculo o decisión, siendo esenciales al modelado como construcción los procesos informados de simplificación. Sobre este tipo de cuestiones, v. M. SILVA SUÁREZ: *De la Ingeniería y de los Sistemas de Eventos Discretos*, Academia de Ingeniería, Madrid, 2000.

³⁴ La literatura sobre la historia de las matemáticas en el siglo XVIII es abundantísima. Sobre el ámbito español se puede obtener una visión de conjunto consultando dos panoramas de M. HORMIGÓN: *Las Matemáticas en el siglo XVIII* (Col. Historia de la Ciencia y de la Técnica, 24, Akal, Madrid, 1994); y «Las matemáticas en la Ilustración española. Su desarrollo en el reinado de Carlos III», en J. FERNÁNDEZ PÉREZ e I. GONZÁLEZ TASCÓN (eds.): *Ciencia y Técnica en España: La Ilustración*, (Soc. Española de Historia de la Ciencia y la Técnica, Zaragoza, 1989, pp. 265-278). En las mismas actas hay trabajos de otros autores sobre temas más puntuales geográficamente (pp. 279-341). Otros dos panoramas complementarios son los de S. GARMA PONS: «La Enseñanza de las Matemáticas», en J. L. PESET (ed.): *Ciencia y Técnica en la Corona de Castilla (IV): El siglo XVIII*, Junta de Castilla y León, Valladolid, 2002, pp. 311-346; y «Cultura matemática en la España de los siglos XVIII y XIX», en J. M. SÁNCHEZ RON (ed.): *Ciencia y Sociedad en España*, El Arquero, Madrid, 1988, pp. 93-127. Más monográficos, son de especial interés los textos de N. CUESTA DUTARI: *Historia de la Invención del Análisis Infinitesimal y de su introducción en España*, Universidad de Salamanca, 1985; y H. CAPEL: *Geografía y Matemáticas en la España del siglo XVIII*, Oikos-Tau, Barcelona, 1982.

tales son Isaac Newton y G. Wilhelm Leibniz (1646-1716). Además se puede mencionar la emergencia de la *teoría de probabilidades* (P. Fermat-B. Pascal), así como de la *geometría proyectiva* (Gérard Desargues, 1593-1662), que habrá de esperar siglo y medio para su florecimiento con la *geometría descriptiva* de Gaspard Monge (1746-1818). Es de destacar que los autores mencionados nunca son sólo matemáticos, y que siempre están preocupados por problemas técnicos (navegación, cartografía, artillería, maquinaria, etc.).

En el Siglo de las Luces primará una matemática más operativa que rigurosa, donde la eficacia procedimental se antepone al rigor axiomático euclidiano. Es decir, frente a la aproximación más especulativa y formal de la Antigüedad clásica o medieval, mentalidad que reaparecerá en el siglo XIX, se enfatiza, como en el Renacimiento, la utilidad. Las matemáticas dieciochescas se clasifican en *puras* y *mixtas*, comprendiéndose bajo este segundo epígrafe lo que se podría reconocer como disciplinas “físico-matemáticas”, incluidas la geografía, la cartografía y la astronomía, en particular. A los nombres mencionados hay que añadir la impresionante saga de los Bernouilli, y a Leonhard Euler (1707-1833). Mediado el siglo XVIII se dispone de un desarrollado *cálculo sublime* (análisis infinitesimal, cálculo integro-diferencial), prolongado por el *cálculo de variaciones* para resolver problemas de optimización (el problema de la *braquistocrona* fue resuelto por Jacobo Bernouilli en 1697). Sin pretender siquiera esbozar lo que el Siglo de las Luces significa en las matemáticas, valga como simple apunte final los nombres de algunos matemáticos franceses en tiempos de la Revolución: Joseph Louis Lagrange (1736-1813), Gaspard Monge (1746-1818), Adrien Marie Legendre (1746-1833), Joseph Fourier (1768-1830) y Pierre Simon Laplace (1749-1827).

El siglo XVIII será en España un periodo de eficaz asimilación de los desarrollos europeos, con la producción de libros de texto centrada en ambientes eclesiásticos (sobre todo los jesuitas, hasta su expulsión en 1767) y militares (las múltiples academias de la Marina y del Ejército), con algunas instituciones civiles como la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, donde un tanto a contracorriente trabaja como primer profesor de matemáticas Benito Bails (1730-1797). Pero las matemáticas no sólo se enseñan a los técnicos superiores; sus rudimentos, junto con el dibujo, pasan a los programas formativos de los artesanos.

La idea galileana de que el mundo está escrito en lenguaje matemático anima un importante desarrollo de la disciplina a lo largo de los siglos XVII y XVIII. Todas las ciencias útiles aspiran a tener una expresión matemática, consiguiéndose progresos muy diversos, pero en las ciencias naturales hay ámbitos donde el álgebra o el cálculo sublime no suponen aún utilidad alguna. La botánica, la zoología, incluso la mineralogía, buscarán sistemas taxonómicos (piénsese en personajes de la talla de Linneo, Buffon o Werner) para clasificar la multiplicidad existente. En cierto modo, el insuficiente conocimiento plantea el problema lingüístico a nivel descriptivo y lógico, clasificatorio, no al de cálculo o predicción, sea ésta estática o dinámica.

UNA PERSPECTIVA DEL VOLUMEN

El primer volumen dedicado a *El Siglo de las Luces* en esta colección (vol. II) se ocupa principalmente, pero no de forma exclusiva, de los grandes cuerpos técnicos del Estado y de su obra³⁵. En éste se contempla también la técnica que emana o que se transmite a las capas más distinguidas del artesanado y a los agricultores. Es decir, en los capítulos siguientes conviven algunas contribuciones técnicas de interés estratégico, principalmente protagonizadas por los cuerpos militares del Estado, y parte de la nueva técnica que se pretende hacer llegar a niveles más populares.

Son diez capítulos que se pueden estructurar en tres bloques, más un anexo con breves notas biográficas en el que se esbozan las trayectorias y contribuciones de personajes citados en el anterior o en el presente volumen.

Los cinco primeros capítulos consideran cuestiones relativas a la industria y la minería. La introducción de nuevas técnicas es abordada por Juan Helguera Quijada. Las autoridades dieciochescas apostaron por la incorporación de técnicos extranjeros –inmigración tecnológica–, por el envío de naturales de estos reinos a otros países y por la puesta en marcha de instituciones de formación reglada. A partir de la crítica situación de las manufacturas a comienzos de siglo, tras una importante desindustrialización a lo largo del XVII, se comenta la demanda de técnica extranjera y la política en las dos primeras de las tres estrategias mencionadas. Se contemplaron manufacturas públicas, semipúblicas y privadas privilegiadas. Bajo la cobertura de pensiones para la ampliación de estudios, personajes militares (Jorge Juan, Antonio de Ulloa o Tomás de Morla) y civiles (Agustín de Betancourt, Tomás Pérez de Estala o Bartolomé de Sureda) realizaron actividades de espionaje industrial de desigual alcance y eficacia. En una segunda parte, se trazan las grandes líneas de la “singular” incorporación de la máquina de vapor al sistema productivo en nuestro país.

Durante el siglo XVIII se introducen en España modos de producción concentrada, frente a la tradicional dispersa, formada por constelaciones de talleres artesanales. Al análisis arquitectónico de esa nueva realidad productiva, que preconfigura la fábrica, se dedica el capítulo 2, escrito por Aurora Rabanal Yus. Partiendo de una clasificación de las tipologías fabriles en de bloque unitario o de pabellones dispersos, con mayor o menor atención a la función residencial de administradores y operarios, se nos ofrece un paseo por construcciones relevantes de manufacturas reales. La presentación se estructura en cuatro sectores básicos: textil, monopolios del Estado, objetos suntuarios y reales fundiciones. Los reales arsenales, donde se realiza la construcción y mantenimiento de la flota de guerra, se avanzan en el capítulo 12 del volumen anterior.

³⁵ Ingenieros militares, artilleros, guardias marinas e ingenieros de Marina. También se consideran las realizaciones de los constructores navales, predecesores de estos últimos, así como de los arquitectos.

En las dos siguientes contribuciones se aborda el desarrollo de saberes para el ámbito industrial, en dos casos complementarios. Por un lado, en actividades impulsadas por el Estado se encuentra lo realizado por el conocido “equipo hidráulico”, grupo de pensionados españoles con base en París; por otro, se detalla el nacimiento de dos modestas escuelas, de química y de mecánica, amparadas por la Junta Particular de Comercio de Barcelona (después, de Cataluña), formadoras de técnicos donde se pueden rastrear los antecedentes de la que llegará a ser Escuela de Ingenieros Industriales de Barcelona. Juan Ignacio Cuadrado y Marco Ceccarelli, en el capítulo 3, presentan una perspectiva amplia del tránsito del “arte de las máquinas” renacentista a la Cinemática industrial, “ciencia de la ingeniería” que tiene su carta de fundación en el texto de dos profesores de la madrileña Escuela de Caminos y Canales, J. M.^a de Lanz y A. de Betancourt, *Essai sur la Composition des Machines* (París, 1808)³⁶. Siguiendo ideas de G. Monge, articulan una propuesta de clasificación de mecanismos basada en criterios de transformación de movimiento. El prólogo de la traducción inglesa (1820) es clarificador:

«The Editor presumes to take an higher ground in favour of this volume from the great Utility of its subject and the Novelty of its Execution. An Elementary work that brings a mass of important practical information within the circle of early studies; that may be considered as a Grammar in the Science of Mechanics».

Es decir, se valora su dimensión taxonómica y “lingüística”³⁷, pero no sobre realidades naturales, sino sobre ingenios o artificios. El principio racional de su organización “conduce” al establecimiento de nuevos mecanismos, siendo algunos de los que se presentan producto del saber hacer del mencionado “equipo hidráulico” (muy en particular, del de su director, el tinerfeño A. de Betancourt), al que se debe el Real Gabinete de Máquinas del madrileño Buen Retiro³⁸. Son tiempos de la gestación del

³⁶ Véase J. M.^a de LANZ y A. de BETANCOURT: *Ensayo sobre la composición de las máquinas*, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, 1990, donde se recogen sendos facsímiles de las primeras ediciones francesa e inglesa, así como su traducción al español.

³⁷ Además de la preocupación dieciochesca por el establecimiento de taxonomías en el mundo natural (ámbitos vegetal, animal y mineral), en el ámbito de la construcción de máquinas, siguiendo ideas renacentistas, Christopher Polhem (1661-1751) identifica elementos interesantes de máquinas dando lugar a un “alfabeto mecánico”, de mecanismos. Como diría su discípulo C. J. Cronsted, «las máquinas nuevas no son más que palabras compuestas de letras» (v. S. STRANDH: *Máquinas, una historia ilustrada*, Raíces, Madrid, 1988, pp. 60-61). Sorpresivamente, Strandh desconoce el trabajo pionero de Lanz y Betancourt, que por el contrario parten de las transformaciones de movimientos para llegar a los mecanismos.

³⁸ Creado en 1788, fue abierto al público en 1792 (el gabinete del *Conservatoire des Arts et Métiers* data de 1794). Dispuso de 270 modelos, 359 planos y 99 memorias textuales (A. RUMEU DE ARMAS: *El Real Gabinete de Máquinas del Buen Retiro. Una empresa técnica de Agustín de Betancourt*, Fundación Juanelo Turriano, Castalia y Patrimonio Nacional, Madrid, 1990; J. FERNÁNDEZ e I. GONZÁLEZ (eds.): *Descripción de las Máquinas del Real Gabinete*, CICYT, Doce Calles, Aranjuez, 1991).

maquinismo, del empleo progresivo de máquinas en el tránsito de las manufacturas concentradas a la factoría moderna. La fascinación por las máquinas se hace tangible, siendo muchas las colecciones de modelos que se intentan montar, entre ellas, además de la del Real Gabinete de Máquinas, la de la Real Sociedad Matritense de Amigos del País³⁹, la de la barcelonesa Real Academia de Ciencias Naturales y Artes⁴⁰, o las montadas por instituciones militares (arsenales o academias).

Si el *Essai* es una aportación significativa a lo que en Teoría de Máquinas y Mecanismos se denominará “síntesis de tipo”, que enfatiza el análisis no en la globalidad de la máquina sino en sus mecanismos, la segunda parte del capítulo presenta una contribución del ingeniero tinerfeño a la “síntesis de generación de trayectorias”, síntesis dimensional de mecanismos, inserta en el diseño realizado por Betancourt de una máquina de vapor de doble efecto⁴¹. Lamentablemente la incidencia práctica de estos trabajos en España fue mínima, en parte debido a la invasión napoleónica y al desarrollo de los acontecimientos subsiguientes. De signo contrario es, en este sentido, el tema abordado por Antoni Roca Rosell, pues las escuelas de química y mecánica que presenta sirvieron para aumentar el nivel técnico en el entorno barcelonés, y –algo trascendental– tuvieron incidencia en el desarrollo de su industria. Por ejemplo, la escuela de química tuvo impacto tanto en el sector agroindustrial, en la vinicultura especialmente, como en el textil, donde se aplicó a las tinturas, mejorándose las célebres indianas, telas de lino, de algodón o de mezcla, estampadas por un solo lado. En el ámbito de la mecánica, Roca Rosell relata con detalle la gestación, el diseño y la construcción de las máquinas de vapor que realizó Francesc Santponç. De doble efecto, basadas en la descrita en la *Architecture Hydraulique* de Prony –al fin y al cabo, la diseñada por Betancourt–, la segunda de ellas es la primera máquina española por proyecto y fabricación que trabajó en una manufactura⁴², aunque al parecer con carácter esencialmente demostrativo, no directamente acoplada a las máquinas, sino elevando agua, que después servía para mover una rueda hidráulica acoplada a la

³⁹ Véase el capítulo 7 en este mismo volumen.

⁴⁰ Que incluso elevó a la categoría de académicos a destacados artesanos, no sólo maquinistas y constructores de instrumentos. Entre otros, el turolense Tomás Pérez de Estala será admitido como maquinista en 1786 (Carles PUIG-PLA: «Desarrollo y difusión de la construcción de máquinas e instrumentos científicos: el caso de Barcelona, siglos XVIII-XIX», *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, 69 (8), agosto de 2000).

⁴¹ Diseño desarrollado sobre la base incompleta de informaciones que recabó en misión de espionaje industrial en Inglaterra. Betancourt presentó sus resultados en la conocida *Mémoire sur une machine à vapeur à double effet*, Academia de Ciencias de París, 1789.

⁴² Tres décadas antes (1773 y 1774), dos máquinas del tipo Newcomen –por consiguiente, de simple efecto y sin condensador separado– entraron en funcionamiento en el arsenal de Cartagena. Fueron diseñadas por Jorge Juan y realizadas por Diego de Rostriga. Imposibilitado físicamente el allicantino, se montaron bajo la dirección de Julián Sánchez Bort. Con ligeras variaciones, otras análogas fueron instaladas por Antonio Delgado en los restantes arsenales peninsulares.

maquinaria⁴³. Con anterioridad, en un proceso con diversas irregularidades, en las minas de Almadén funcionó una máquina de vapor “pirata” de condensador separado y simple efecto, con el objetivo de achicar agua. Julio Sánchez Gómez refiere algunas de sus vicisitudes, en el marco de la renovación de la técnica minera (capítulo 5), pudiéndose señalar también otras innovaciones como la introducción de vagonetas sobre raíles de hierro, el empleo de puntas de cobre en los barrenos o la iluminación con candiles y velas dentro de faroles –medidas ambas para reducir los accidentes de los mineros–, la mejora de la planimetría subterránea o de los procesos de entibación, o el uso de la pólvora para abrir zonas rocosas. Su análisis de la minería y metalurgia contempla tanto acontecimientos en la Península como en América, destacando la ampliación de horizontes mineros, donde además de los metales preciosos, azogue incluido, se detecta interés estratégico por “metales útiles” como el cobre y el estaño –fundamentales para fabricar bronce, material básico para la artillería terrestre–, el hierro o el plomo; también la minería del carbón, que habrá de desarrollarse para frenar las desmedidas deforestaciones que comienzan a tener lugar.

La segunda parte del volumen contiene tres capítulos centrados en gran parte en el artesanado, su formación e información técnica. Se analiza el papel de las instituciones gremiales y de las reales sociedades económicas de amigos del país, estas últimas impulsoras de voluntariosos programas de renovación y difusión de innovaciones técnicas. Además, se ofrece una visión de conjunto de la literatura técnica “profesional”, capítulo de corte horizontal donde sectorialmente se esbozan panoramas. Sociedades económicas y la literatura profesional son medios empleados para la creación de una cultura técnica “moderna” a lo largo y ancho del país, in extenso.

Siro Villas (capítulo 6) pone de manifiesto la existencia de una controvertida visión entre detractores y defensores de los gremios. El siglo XVIII marca en su último tercio una lenta agonía de estas corporaciones, que, salvo excepciones, habían dejado de ser innovadoras en su dimensión técnica, que es la que aquí interesa principalmente. No hay que olvidar que entre las actuaciones de fomento industrial dieciochesco en España están las manufacturas (Fábricas Reales y otras iniciativas), que contemplan modos de producción concentrada, o incluso propuestas en el extremo opuesto, un tanto retardatarias, como las planteadas por Campomanes sobre la *industria popular*⁴⁴. En este sentido, los años setenta y ochenta están plagados de órdenes

⁴³ El depósito hidráulico, al igual que una capacidad en un circuito eléctrico, tiene aquí por misión principal el filtrar “las altas frecuencias” de las indisponibilidades de la máquina de vapor, ya que afectarían muy negativamente al equipamiento y proceso productivos. Si bien la regulación de la energía potencial del agua embalsada es muy sencilla, una simple válvula, en contrapartida hay que reconocer que el rendimiento energético de un tal sistema (de comportamiento tipo “filtro paso bajo”), con máquina de vapor-bomba hidráulica-depósito-rueda hidráulica, era ínfimo.

⁴⁴ Véase, por ejemplo, Conde de CAMPOMANES: *El fomento de la Industria Popular* (1774) y *La Educación popular de los artesanos* (1775). Edición prologada por Gonzalo ANES, Grupo Editorial Asturiano, Oviedo, 1991.

reguladoras sobre el establecimiento y formación de corporaciones, o sobre la admisión de maestros extranjeros (por ejemplo, las de abril de 1770 y 1772, respectivamente); por otro lado, a las reales sociedades económicas de amigos del país se les encarga la confección de planes gremiales (enero de 1779). Posteriormente se aborda una reforma de las ordenanzas de los gremios (noviembre de 1790), y poco después, como mecanismo para favorecer la incorporación de maestros extranjeros, se les concede permiso de asentamiento sin examen (1793). Pero la extinción administrativa de los gremios será consecuencia de los planteamientos liberales de la Constitución gaditana que darán lugar a los decretos de libertad de ejercicio y de industria (junio de 1813). Este primer certificado de defunción será derogado por la reacción absolutista (1815), y finalmente considerado de forma definitiva en diciembre de 1836, una vez restaurado el liberalismo. Siro Villas traza un panorama en el que se exponen, además, las relaciones de los gremios con la economía, la política y la sociedad.

Aunque inspiradas en iniciativas extranjeras, las reales sociedades económicas de amigos del país se cuentan entre las instituciones más singulares del fomento económico hispano en el XVIII. Visto el éxito de la Vascongada, Campomanes incita a su proliferación. Constituida la Matritense en 1775, servirá de modelo para el resto del país. Juan F. Forniés y Antonio Manuel Moral (capítulo 7) ofrecen un panorama general de las principales que actuaron en España, aunque incidiendo particularmente en la Matritense y, en general, en los esfuerzos dedicados al impulso de la técnica. Voluntariosas, provistas de muchos más objetivos que medios, florecieron sólo unas pocas. En el ámbito docente fomentaron la educación básica en sus Escuelas de Primeras Letras y la formación profesional en las Escuelas Patrióticas, que en algunos casos, ante la baja respuesta del alumnado, se reformularon hacia niveles técnicos superiores (lo que ocurre, por ejemplo, con las aragonesas Escuela de matemáticas y Escuela de agricultura). Ello supuso a veces conflictos con las universidades. En contadas ocasiones, también se realizaron importantes tareas de investigación e innovación, así como de difusión de la técnica. La Matritense tuvo, además, la responsabilidad de concesión de patentes. Algunas, como la Aragonesa, imbuida de una singular “obsesión pedagógica”, tuvieron una destacada actividad editorial, con textos de muy diferente tenor. Sería injusto terminar este comentario sobre educación técnica sin mencionar el papel de las Juntas y Consulados de Comercio⁴⁵. En este sentido, cabe señalar que las escuelas de química y de mecánica presentadas en el capítulo 4 de este volumen se encuadran en el marco de la Junta Particular de Comercio de Barcelona, la más activa de todas.

Al análisis de la literatura profesional se dedica el octavo capítulo. Julio Sánchez Gómez traza una amplia, aunque forzosamente incompleta, visión de conjunto, resultando de interés las distribuciones sectorial y cronológica de lo publicado. En la pri-

⁴⁵ Para una visión de conjunto, puede consultarse el texto de A. ESCOLANO BENITO: *Educación y Economía en la España Ilustrada*, Ministerio de Educación y Ciencia, Madrid, 1988.

mera línea destaca la masa de publicaciones en los sectores agrícola y textil, obviamente cruciales en la actividad económica. Por el otro lado, es significativa la efervescencia de las tres últimas décadas del siglo XVIII, con un apreciable máximo en el segundo lustro de los ochenta, fuertemente amortiguado en el siguiente, cosa que se puede explicar dada la difícil coyuntura política y económica del momento.

El estudio del ámbito agro-forestal es el objetivo de la tercera y última parte, donde se encuadran dos capítulos, el de Jordi Cartañá, sobre la agronomía, y el de Vicent Casals, sobre lo forestal. Gracias, esencialmente, a la alternancia de cultivos, a los nuevos cultivos y al crecimiento de las tierras roturadas, se pudo sostener el incremento poblacional del siglo XVIII. Por otro lado, el Setecientos es bastante rico en propuestas de mecanización y nutrición de suelos, que, aunque tuvieron un reducido alcance en la práctica, muestran una tendencia que imparablemente se aplicará en el siglo XIX en la mejora de la productividad agrícola. En lo docente se identifican multitud de iniciativas de niveles diferentes, siendo las superiores las más tardías; constituyen la base sobre la que germina, mediado el siglo XIX, la ingeniería agronómica. La influencia social de la Iglesia se hace patente en publicaciones como el *Semanario de Agricultura y Artes dirigido a los párrocos* (1797-1808), quizás la primera revista exclusivamente técnica y con interesantes grabados editada en España, dirigida en primera instancia a un agente-tipo (con importante influjo social y un nivel cultural suficiente para entender las propuestas, en muchos lugares el único) capaz de realizar la deseable difusión de las nuevas luces técnicas en ámbitos rurales.

Con respecto a los montes (capítulo 10), la cuestión legislativa es crucial. De gran impacto son las ordenanzas de 1748, surgidas en el entorno de una renovación de la Marina, consumidora privilegiada de las especies arbóreas más codiciadas para la construcción naval (las armadas son «bosques flotantes»⁴⁶). Además, el carboneo doméstico y el industrial, con destino a manufacturas metalúrgicas (fundiciones de bronce y de hierro, herrerías y *fargas*) o de sectores como los vidrios y cristales, produjeron deforestaciones importantes⁴⁷, donde ya se aprecian con claridad problemas de degradación ecológica. Aunque con resistencias, el siglo protagoniza el comienzo del tránsito de la *arboricultura*, el cultivo de árboles conformado por la tradición empírica, a la *silvicultura*, el cultivo de bosques o montes “iluminado por la botánica”. Los técnicos de la Marina, las reales sociedades económicas de amigos del país o el Jardín Botánico matritense desempeñan un papel director en este proceso.

⁴⁶ Gaspar de ARANDA Y ANTÓN: *Los bosques flotantes. Historia de un roble del siglo XVIII*, Ministerio de Agricultura, Madrid, 1990.

⁴⁷ La industria de vidrios planos montada por Juan Goyeneche en el Nuevo Baztán (1720) hubo de cerrar por la insuficiencia de combustible leñoso. De hecho, la fabricación de cristales planos en la Granja de San Ildefonso comienza en 1728 gracias a maestros vidrieros de esa primera manufactura.

Aunque expresado en el volumen anterior, quede aquí constancia de nuestro agradecimiento a las tres instituciones editoras, por la confianza otorgada. También a los organismos depositarios del rico patrimonio documental reflejado, singularmente al Museo Naval de Madrid y al Servicio Histórico de Cultura Militar, ambos dependientes del Ministerio de Defensa, así como al Ministerio de Cultura, en especial al Archivo General de Simancas y a la Biblioteca Nacional. Por último, pero no por ello menos importante, nuestro particular reconocimiento a la Real Sociedad Económica Aragonesa de Amigos del País.

Fernando Beltrán Blázquez y Jesús Santamaría Ramiro, directores generales del Departamento de Ciencia, Tecnología y Universidad del Gobierno de Aragón, apoyaron con entusiasmo el proyecto en sus dos fases anuales. En el capítulo de la ayuda más próxima, nuestra gratitud a la Biblioteca de la Universidad de Zaragoza, en particular a José Antonio Simón Lázaro, así como al Centro Politécnico Superior y al Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas, donde cotidianamente desarrollamos nuestra labor.

Manuel Silva
Universidad de Zaragoza
De la Real Academia de Ingeniería