

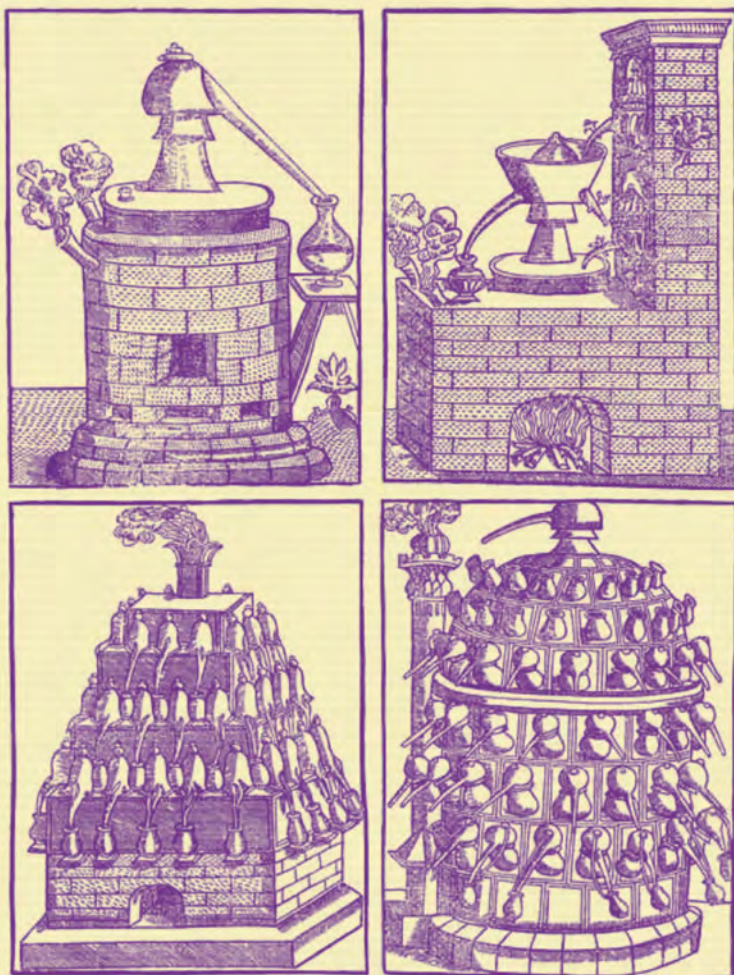
2.^a edición, corregida
y aumentada

MANUEL SILVA SUÁREZ, ed.

TÉCNICA E INGENIERÍA EN ESPAÑA

I

EL RENACIMIENTO De la técnica imperial y la popular



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

MANUEL SILVA SUÁREZ, ed.

EL RENACIMIENTO

De la técnica imperial y la popular

(2.^a edición corregida y aumentada)

TÉCNICA E INGENIERÍA
EN ESPAÑA

MANUEL SILVA SUÁREZ, ed.

TÉCNICA E INGENIERÍA EN ESPAÑA

I

EL RENACIMIENTO

De la técnica imperial y la popular

| | |
|----------------------------|---------------------------------------|
| Alicia Cámara Muñoz | M. ^a Jesús Mancho Duque |
| Jordi Cartaña i Pinén | Pedro Mora Piris |
| Fernando Cobos Guerra | Fernando Sáenz Ridruejo |
| Jesús Criado Mainar | Julio Sánchez Gómez |
| Mariano Esteban Piñeiro | Manuel Silva Suárez |
| Nicolás García Tapia | M. ^a Isabel Vicente Maroto |
| Miguel Á. Granada Martínez | Siro Villas Tinoco |
| Alexander G. Keller | |

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

Publicación número 2.829
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

SILVA SUÁREZ, Manuel
El Renacimiento: De la técnica imperial y la popular / Manuel Silva Suárez. —
Zaragoza: Real Academia de Ingeniería : Institución «Fernando el Católico» :
Prensas Universitarias, 2008

760 p. : il. ; 24 cm. — (Técnica e Ingeniería en España ; I)
ISBN: 978-7820-XXX-X

1. Ingeniería-Historia-S. XVI y XVII. I. SILVA SUÁREZ, Manuel, ed. II. Institución
«Fernando el Católico», ed.

© De los textos, sus autores.

© De la presente edición, Real Academia de Ingeniería, Institución «Fernando el Católico»,
Prensas Universitarias de Zaragoza, 2008.

Cubierta: Diversos modelos de alambiques recogidos por Miguel Agustí en el libro
Secrets d'Agricultura, casa rústica i pastoril (Barcelona, 1617). El uso más
común de estos ingenios era la destilación de licores. No obstante, con el
objetivo de conseguir restaurativos medicinales, también se empleaba para
conseguir extractos de flores, cortezas, frutas y raíces, e incluso de animales
como ranas, garzas, babosas u hormigas.

Contracubierta: Para romper una pieza defectuosa de artillería se construía un peque-
ño horno con el que se le calentaba por el lugar deseado. Una vez alcanza-
da la temperatura adecuada se rompía con golpes de maza. Con objeto de
avivar el fuego se solía emplear una pareja de barquines como los mostra-
dos. (*Discurso del Capitán Cristóbal Lechuga, en que trata de la Artillería y
de todo lo necesario a ella con un tratado de fortificación y otros adverti-
mientos*, Milán, 1611; fig. 27).

ISBN: 978-84-7820-814-2 (obra completa)

ISBN: 978-84-7820-975-0 (2.ª edición ampliada del volumen I)

Depósito Legal: Z-XXXX-08

Corrección ortotipográfica: Marisancho Menjón y María Regina Ramón

Maquetación: Littera

Impresión: ARPI Relieve, Zaragoza

IMPRESO EN ESPAÑA - UNIÓN EUROPEA

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

| | | |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 0.1. | Una de las tres invenciones presentadas para graduar la elevación de una rueda vitruviana (manuscrito de la Colección Torner, de Barcelona) . . . | 8 |
| 0.2. | Dibujos no contenidos en <i>Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas</i> , pero si en otras versiones del tratado | 9 |
| | | |
| 1.1. | Rodrigo Sánchez de Arévalo (1404-1470): <i>Espejo de la Vida Humana</i> , Pablo Hurus, Zaragoza, 1491 (Biblioteca Universitaria de Zaragoza) | 26 |
| 1.2. | Juanelo Turriano (Museo Arqueológico Nacional, Madrid) | 33 |
| 1.3. | Martín Cortés, <i>Breve compendio de la Sphera y de la arte de navegar</i> (Sevilla, Antón Álvarez, 1551) | 34 |
| 1.4. | Cristóbal de Rojas, en su <i>Teórica y Práctica de Fortificación</i> (Madrid, por Luis Sánchez, 1598). | 37 |
| 1.5. | «Máquinas para arrastrar y retirar los fardos», según <i>Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas</i> (Biblioteca Nacional, Madrid) | 39 |
| 1.6. | «Máquinas para conducir y elevar las aguas», según <i>Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas</i> (Biblioteca Nacional, Madrid) | 40 |
| 1.7. | Instrumentos para nivelación, según <i>Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas</i> (Biblioteca Nacional, Madrid). | 41 |
| 1.8. | Tiburzio Spannocchi: <i>Descripción de las marinas de todo el Reino de Sicilia</i> , h. 1578 (Biblioteca Nacional, Madrid) | 48-49 |
| 1.9. | Tiburzio Spannocchi (1592): Informe sobre el valle y el castillo de Canfranc (Archivo General, Simancas) | 52 |
| 1.10. | Uniforme de los cuerpos de ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, y de Minas (1842); traje académico de los farmacéuticos (h. 1846); y uniforme del cuerpo de ingenieros de Montes (1857) | 56 |
| | | |
| 2.1. | La Filosofía y las Artes Liberales: copia decimonónica del <i>Hortus Deliciarum</i> (Saarländisches Schulmuseum) | 68 |
| 2.2. | Artes mecánicas: cerrajero y herrero. Dibujo alemán a mano alzada (1580) | 74 |
| 2.3. | Lección de medicina: Andrés Vesalio, <i>De humani corporis fabrica</i> (1543) | 77 |
| 2.4. | Juan Luis Vives (Valencia, 1492-1540) | 81 |
| 2.5. | Petrus Ramus (Pierre de la Ramée, Cuts [Soissons], 1515-1572) | 84 |
| 2.6. | Francis Bacon (Londres, 1561-1626) | 90 |
| | | |
| 3.1. | Azulejos de Manises (s. xv) con emblemas gremiales valencianos: gremio de pelaires (Museo de Artes Decorativas, Madrid); gremio de pasamaneros (Museo Nacional de Cerámica «González Martí», Valencia) | 98 |
| 3.2. | Emblema del gremio de los calafateadores de barcas de Valencia (azulejo de Manises, s. xv; Museo Nacional de Cerámica «González Martí», Valencia) y ergate o cabrestante, según <i>Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas</i> (Biblioteca Nacional, Madrid) | 101 |
| 3.3. | Emblemas ingleses de curtidores y dibujo alemán (h. 1580) | 107 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.4. Punzones de maestros plateros castellano-leoneses del siglo xvi | 110 |
| 3.5. Herreros, relojeros, sombrereros y toneleros: <i>Libro de las Profesiones</i> , Núremberg, 1568. Grabados de Jost Amman | 113 |
| 3.6. Molinos de mano y de aceña, según <i>Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas</i> (Biblioteca Nacional, Madrid) | 117 |
| 3.7. Martillo ceremonial del gremio de los herreros, en latón y madera (Reichenberg, 1640) | 120 |
| 3.8. Círculo del Maestro de Ávila: Construcción de una iglesia dedicada a San Miguel; último cuarto del s. xv (Museo de la Catedral de Ávila) | 125 |
| | |
| 4.1. J. L'Hermite: Vista de los jardines y palacio de Aranjuez, en <i>Les Passetemps</i> , 1620 (Bibliothèque Royale de Bruselas) | 132 |
| 4.2. Filippo Pallota: Fachada del alcázar de Madrid en 1704 (Museo Municipal de Madrid) | 135 |
| 4.3. Juan Gómez de Mora: Proyecto de presa y diques en la Casa de Campo, 1636 (Archivo de la Villa de Madrid) | 136 |
| 4.4. Cristóbal de Rojas. «Fábricas y distribución de un nivel para encaminar las aguas», en <i>Teórica y práctica de fortificación</i> , Madrid, 1598 | 149 |
| 4.5. Cristóbal Antonelli, Los Alfaques de Tortosa, 1580 (Archivo General, Simancas) | 143 |
| 4.6. Jerónimo Marqui: Camino de Pamplona a San Sebastián, fines del s. xvi (Archivo General, Simancas) | 146 |
| 4.7. El Greco: <i>Vista de Toledo</i> , h. 1610-14 (Casa Museo de El Greco, Toledo) | 147 |
| 4.8. Lucas de Heere: <i>La visita de la reina de Saba al rey Salomón</i> (Felipe II representa al rey Salomón), Catedral de Gante | 147 |
| 4.9. Tiburzio Spannocchi: Patti, <i>Descripción de las marinas de todo el reino de Sicilia</i> , h. 1578 (Biblioteca Nacional, Madrid). | 150 |
| 4.10. Retratos de Francesco de Marchi (Biblioteca del Monasterio de El Escorial y Biblioteca Nacional, Madrid) | 155 |
| 4.11. Francesco de Marchi, fortificación de un puerto (Biblioteca Nacional, Madrid) | 156 |
| 4.12. Tiburzio Spannocchi: La Aljafería, 1593 (Archivo General, Simancas) | 158 |
| 4.13. Documento cifrado sobre fortificación en el Piamonte (Archivo General, Simancas). | 161 |
| 4.14. Tiburzio Spannocchi, Valle de Arán, 1594 (Archivo General, Simancas) | 163 |
| 4.15. M. Vitruvio Pollion: «Buscando agua», <i>De Architectura</i> (Alcalá de Henares, 1582) | 168 |
| | |
| 5.1. Rodrigo Zamorano: <i>Los seis primeros libros de los Elementos de Euclides</i> (Sevilla, 1576) | 171 |
| 5.2. Cédula Real que crea la Casa de la Contratación, 1503 (Archivo General de Indias, Sevilla) | 174 |
| 5.3. Navío. Manuscrito anónimo, h. 1590 (Biblioteca Nacional, Madrid) | 177 |
| 5.4. Juan de Herrera, según boceto de Juan Maea, h. 1575 (Biblioteca Nacional, Madrid) | 181 |
| 5.5. Juan de Herrera: <i>Institución de la Academia Real Matemática</i> (Madrid, 1598) | 183 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 5.6. <i>Perspectiva y Especularia</i> , de Euclides (trad. por Pedro Ambrosio de Ondériz, 1585) | 188 |
| 5.7. <i>Alvaradina</i> : tratado de artillería anónimo, h. 1595 (Biblioteca Nacional, Madrid) | 192 |
| 5.8. «Lanzando bola artillera», en <i>Alvaradina</i> , h. 1595 (Biblioteca Nacional, Madrid) | 199 |
| 5.9. Batería de cañones, en <i>Alvaradina</i> , h. 1595 (Biblioteca Nacional, Madrid) | 201 |
| 5.10. Julio César Firrufino: <i>Platica Manual de Artillería</i> (Madrid, 1626) | 203 |
| 5.11. Juan Bautista Lavaña y Luis Teixeira: Descripción del Universo (Biblioteca Reale de Turín) | 204 |
| | |
| 6.1. La catedral de Granada (grabado de Francisco Heylan, 1613, y planta de Juan de la Vega, 1594) | 217 |
| 6.2. El proceso de renovación en clave renacentista: Diego de Sagredo, <i>Las Medidas del Romano</i> (Toledo, 1526) | 218-219 |
| 6.3. San Lorenzo el Real de El Escorial (1562-1586): grabados calcográficos de Juan de Herrera y Pedro Perret, 1589 | 221 |
| 6.4. La portada de la catedral de Santa María de la Huerta en Tarazona (1577) y modelo xviii del <i>Libro Extraordinario</i> de Sebastián Serlio | 230 |
| 6.5. Portada del atrio de la Pabostría (1557-1558) de la Seo de Zaragoza y lámina del <i>Libro de Arquitectura</i> de Sebastián Serlio | 232 |
| 6.6. Lámina de Andrea Palladio, <i>Quattro libri dell'architettura</i> , y trazas de la capilla Monreal de la iglesia de San Pablo, de Zaragoza | 233 |
| | |
| 7.1. Mapamundi de Juan de la Cosa, el Puerto de Santa María, 1500 (Museo Naval, Madrid) | 256 |
| 7.2. Planisferio denominado de Salviati, atribuido a Nuño García de Toreno, 1525 (Biblioteca Laurenziana de Florencia) | 257 |
| 7.3. Dos proyecciones mercatorianas: (1) Cónica con dos paralelos estándar: G. Mercator (1554), <i>Euroopa</i> ; (2) Sinusoidal: J. de Chaves (1579): <i>America Meridionalis</i> | 260 |
| 7.4. Proyección cónica: Joan Bautista Lavaña (1619), <i>Reino de Aragón</i> (Biblioteca Nacional, Madrid) | 263 |
| 7.5. Planimetría con doble escala en «baras»: Anónimo (1614), <i>Bahía de Cádiz con Rota y su muelle</i> (Archivo General, Simancas) | 264 |
| 7.6. Planimetría despojada de figuraciones naturalistas: Anónimo (h. 1577), <i>Plano de la viña (norte) y olivar (sur) del Quexigal</i> (Biblioteca del Palacio Real de Madrid) | 264 |
| 7.7. Representaciones simbólicas de la orografía según Imhof; ejemplos de M. Servet (Lyon, 1525), S. Munster (1540) y P. Ligorio (1559) | 266 |
| 7.8. Corografías: (1) Jerónimo de Chaves, 1578: <i>Conventus Hispalensis Delineatio</i> ; (2) Jorge Setara: <i>Montes de Valencia</i> , 1589 (Archivo General, Simancas) | 267 |
| 7.9. Perspectivas con un punto de fuga: (1) Diego de Siloé (¿posterior a 1550?), <i>Perspectiva escenográfica</i> (M.N.A. Cataluña, Barcelona); (2) Juan de Herrera-Pedro Perret (1598), <i>Capilla Mayor de El Escorial</i> | 271 |
| 7.10. Madurez gráfica: (1) Perspectiva «cornuda», según Jean Pélerin <i>le Viator</i> , en <i>De artificiali perspectiva</i> , 1505; (2) A. Labacco (1554), <i>Perspectiva cónica seccionada</i> ; (3) A. Palladio (1559), <i>Triada planta-alzado-sección</i> ; y (4) J. A. du Cerceau (1576), <i>Perspectiva oblicua militar</i> | 274 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 7.11. Diversas perspectivas paralelas por Leonardo da Vinci, <i>Códice de Madrid I</i> , h. 1497 (Biblioteca Nacional, Madrid) | 274 |
| 7.12. Planta y abatimientos anónimos: (1) <i>Plano de Aranda del Duero</i> , 1503 (Archivo General, Simancas); (2) <i>Plaza de Bonilla de la Sierra</i> , h. 1510 (Archivo de la Chancillería de Valladolid) | 279 |
| 7.13. Vista oblicua por Antón Van den Wyngaerde: <i>Zaragoza</i> (detalle), 1563 (Österreichische Nationalbibliothek, Viena) | 279 |
| 7.14. Vista de pájaro anónima (1578): <i>Tocuyo, ciudad y río</i> (Real Academia de la Historia) | 281 |
| 7.15. Coexistencia de perspectivas diversas en vistas de La Habana: (1) Anónimo (h. 1567), <i>Plano</i> (Archivo General de Indias, Sevilla); (2) Baltasar Vellerino de Villalobos: <i>Luz de Navegantes</i> , 1592 (Biblioteca Universitaria de Salamanca) | 283 |
| 7.16. Vista y planta por Leonardo Turriano (1592): «Valle de S. María de Betancor Dell isola di Forteventura», en <i>Descrittione et historia del regno de l'isole Canarie</i> (Biblioteca Universitaria de Coimbra) | 285 |
| 7.17. Perspectiva aérea por P. Texeira (1634): «Barra y Río de Gibraleón», en <i>Descripción de España y de las Costas y Puertos de sus Reynos</i> (Österreichische Nationalbibliothek, Viena) | 285 |
| 7.18. Representación planimétrica singular: Pedro Machuca (h. 1527; 1542-50), Planta grande del complejo imperial de la Alhambra (Biblioteca del Palacio Real, Madrid) | 289 |
| 7.19. La escuela escorialense: (1) Juan Bautista de Toledo (h. 1567), <i>Sección longitudinal de la Iglesia Mayor del Escorial</i> ; (2) Juan de Herrera (1579), <i>Alzado de una de las torres de la Iglesia</i> (Biblioteca del Palacio Real, Madrid) | 290 |
| 7.20. Disparidad técnica: (1) C. de Rojas (1603), <i>Casa comprada para almacén de las galerías en el Puerto de Santa María</i> ; (2) Plantas y alzados en correspondencia: J. de Soto (1610), <i>La casa de la pólvora para Fuenterrabía</i> (Archivo General, Simancas) | 291 |
| 7.21. Puentes y muelle: (1) Diego Vélez y Juan de Cerecedo <i>el Mozo</i> (1577), <i>Puente de Puerto sobre el río Nalón</i> (Archivo Municipal de Oviedo); (2) Gaspar de Vega (1569), <i>Puente de Viveros</i> (Archivo de Protocolos de Madrid); (3) Anónimo (1585), <i>Puente para Bayona del Tajuña</i> (Archivo General, Simancas); (4) Cristóbal de Rojas, <i>Gibraltar</i> (Archivo General, Simancas) | 292 |
| 7.22. Alzado con sección rectificada: Francisco de Mora (1596), <i>Molino de la Compañía del Escorial</i> (Biblioteca del Palacio Real de Madrid) | 294 |
| 7.23. Secciones y vistas fantasmas: (1) Agostino Ramelli, <i>Le diverse et artificiose machine</i> (1588); (2) Vittorio Zonca, <i>Novo Teatro di Machine et Edificii</i> (1607) | 300 |
| 7.24. Perspectiva central y proyección ortogonal: Salomón de Caus, <i>Les raisons des forces mouvantes, avec diverses machines tant vieilles que pleasantes...</i> (1615) | 301 |
| 7.25. Geometrización de los razonamientos sobre eficiencia: <i>Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas</i> (Biblioteca Nacional, Madrid) | 302 |
| 7.26. (1) Vittorio Zonca, <i>Novo Teatro di Machine et Edificii</i> , Padua, 1607; (2) Giovanni Branca, <i>Le Machine</i> , Roma, 1629 | 302 |
| 8.1. Elio Antonio de Nebrija (Lebrija, 1441 – Alcalá de Henares, 1522) | 314 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 8.2. Miguel de Urrea: «Vocabulario...», traducción de la <i>De Architectura</i> de Vitruvio (Alcalá de Henares, 1582) | 320 |
| 8.3. Sebastián de Covarrubias: <i>Tesoro de la lengua castellana</i> (Madrid, 1611) | 323 |
| 8.4. Diego García de Palacio: «Vocabulario...», en <i>Instrucción náutica para el buen uso y regimiento de las naos, su traza y gobierno, conforme a la altura de México</i> (México, 1587) | 327 |
| 8.5. Tomé Cano: «Declaración de los Vocablos...», en <i>Arte para fabricar, fortificar y aparejar las naos</i> (Sevilla, 1611) | 328 |
| 8.6. Sebastián de Covarrubias (Toledo, 1539 – Cuenca, 1613) | 338 |
| 9.1. Repertorio de Caminos, por Pedro Juan de Villuga, 1546. | 349 |
| 9.2. Puente de Benamejé, sobre el Genil. Hernán Ruiz, 1556. | 353 |
| 9.3. Puente de Montoro, sobre el Guadalquivir. Primera mitad del siglo XVI | 354 |
| 9.4. Puente de Segovia, sobre el Manzanares en Madrid. Juan de Herrera, h. 1580 . | 355 |
| 9.5. Puente de Almaraz, sobre el Tajo. Pedro de Uría, 1537 | 356 |
| 9.6. Presa de Ontígola, en Aranjuez (grabado de Brambilla, principios del siglo XIX) | 357 |
| 9.7. Presa de Tibi, en Alicante. Segunda mitad del siglo XVI | 359 |
| 9.8. Acequia Imperial: Palacio de Carlos V. Plano de Rodolphe, 1746 | 361 |
| 9.9. Acequia Imperial: Murallas de Grisén (alzado y sección). Plano de Rodolphe, 1746 | 361 |
| 9.10. Mina de Daroca (Pierres Vedel, h. 1560), detalle del perfil y embocadura de entrada. Plano de J. Traggia, 1792 (Archivo Municipal de Daroca) | 365 |
| 9.11. Acueducto-viaducto de Teruel: Pierres Vedel, h. 1550 | 368 |
| 9.12. Arcos de San Antón (construido h. 1570), Plasencia | 371 |
| 9.13. Restos del ingenio de Juanelo en Toledo. Grabado holandés del siglo XVII | 374 |
| 9.14. Defensas de puerto, en <i>Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas</i> (Biblioteca Nacional, Madrid) | 377 |
| 9.15. Bahía y puerto de Santander en el siglo XVI, en el <i>Civitatis Orbis Terrarum</i> (Braun y Hogenberg) | 380 |
| 10.1. Traslado y emplazamiento de artillería, según L. Collado: <i>Platica Manual de Artillería</i> , Milán, 1592 | 389 |
| 10.2. Culebrina de hierro forjado de 2,5 pulgadas de calibre y sistema de retrocarga con cubilete y cuña | 390 |
| 10.3. Pedrero, siglo XV, mortero y berraco del siglo XVI (Museo del Ejército, Madrid) | 393 |
| 10.4. Falconetes, sacre, medio cañón y ribadoquín, siglos XV y XVI (Museo del Ejército, Madrid) | 394 |
| 10.5. Culata de media culebrina con cabeza de murciélago, siglo XVI (Museo del Ejército, Madrid) | 396 |
| 10.6. Cañón montado en su cureña, midiendo la elevación con un cuadrante, según Hernán del Castillo, <i>Libro muy curioso y utilísimo de artillería</i> , h. 1560 (Biblioteca Nacional, Madrid) | 399 |
| 10.7. Culebrina fundida en bronce y decorada, siglo XVI (Museo del Ejército, Madrid) | 401 |
| 10.8. Plan de fuegos, según Luis Collado, <i>Platica manual de artillería</i> (Milán, 1592) | 402 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 11.1. Alfa y omega de la tratadística hispana comentada: (1) Diego Salazar: <i>Tratado de Re Militari...</i> , 1536; (2) Julio César Firrufino: <i>Plática manual y breve compendio de Artillería</i> , 1626 | 410 |
| 11.2. De tres a un solo tramo en una trayectoria, según Tartaglia: (1) <i>Nova Scentia</i> , 1537; (2) <i>Quesiti et inventioni</i> , 1554 | 416 |
| 11.3. Luis Collado de Lebrija: <i>Prattica Manuale</i> , 1586 (edición milanesa de 1606). «Midiendo la pieza» (p. 48) | 419 |
| 11.4. Fundición y operación relacionada: (1) «El mejor modo de partir la pieza» (L. Collado de Lebrija: <i>Prattica Manuale</i> , 1586); (2) Barrenando el ánima del cañón (C. Lechuga: <i>Discurso de la Artillería</i> , 1611; f. 60) | 421 |
| 11.5. Desplazando el material: (1) «Moviendo la pieza» (L. Collado de Lebrija: <i>Prattica Manuale</i> , 1586; p. 242); (2) Transporte de municiones y piezas (D. Ufano: <i>Tratado de la Artillería</i> , 1612; fig. 222) | 423 |
| 11.6. Diego de Álava y Viamont: <i>El Perfeto Capitán...</i> , 1590. «Tabla para morteros y piezas largas, tirando dos mil passos por la mayor altura, y dozientos de punta en blanco» | 425 |
| 11.7. Andrés García de Céspedes: <i>Libro de instrumentos nuevos de Geometría</i> , 1606. Trayectoria con dos partes, recta y parábola | 432 |
| 11.8. Instrumentos del artillero: (1) Para determinar las elevaciones (D. Ufano: <i>Tratado de la Artillería</i> , 1612; fig. 339); (2) Instrumentos del artillero (J. C. Firrufino: <i>El Perfeto Artillero. Theorica y Practica</i> , 1642; idéntica imagen aparece en su <i>Plática...</i> , de 1626) | 433 |
| 11.9. Cristóbal de Lechuga: <i>Discurso de la Artillería</i> , 1611. Midiendo el ángulo de elevación de la pieza (fol. 70) | 434 |
| 11.10. Diego Ufano: <i>Tratado de la Artillería y uso della... en las Guerras de Flandes</i> , 1612. Tiros por el primer y segundo sector: (1) El tiro por el raso; (2) Mortero de la moderna fundición | 439 |
| 11.11. Protección de las piezas: (1) Batería con sacas de lana (fig. 191); (2) Piezas enterradas (fig. 192). Ambas, del <i>Tratado de la Artillería</i> , 1612, de Diego Ufano | 442 |
| 11.12. Trayectorias balísticas, según diversos tratadistas: (1) Luis Collado de Lebrija: <i>Prattica Manuale</i> , 1586; (2) Diego de Prado: <i>Obra manual de la Artillería</i> , 1591, Biblioteca Nacional, Ms. 9024; (3) Diego Ufano: <i>Tratado de la Artillería</i> , 1612 | 445 |
| 12.1. Fuenterrabía, por Francisco de Holanda (1538), en <i>Os Desenhos das Antigualhas</i> (Biblioteca de El Escorial) | 450 |
| 12.2. Castillo de Salsas: (1) Planta durante el sitio de 1503, según el capitán Ayora; (2) Francisco de Holanda: <i>Os Desenhos das Antigualhas</i> , 1538 (Biblioteca de El Escorial) | 452 |
| 12.3. Planta de una fortaleza con sus partes, en el <i>Tratado</i> de Rojas, 1598 | 455 |
| 12.4. Evolución de los baluartes frontales españoles | 456 |
| 12.5. Evolución de torreón a baluarte, según versión habitualmente admitida | 459 |
| 12.6. Figura de Rojas que explica su teoría de las puntas redondeadas | 460 |
| 12.7. Secciones comparadas de distintos tipos de casamatas en la <i>Apología</i> de Escrivá, 1538 | 463 |
| 12.8. Baluartes: (1) De Pésaro en 1539, según Francisco de Holanda, <i>Os Desenhos Das Antigualhas</i> (Biblioteca de El Escorial, Madrid); (2) Del mar, según el <i>Tratado</i> de Tartaglia (ed. de 1554); (3) De San Bernardo (Ibiza), por J. B. Calvi, 1554 | 463 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 12.9. Ibiza. Plano de fuego de flanco. Obra de J. B. Calvi a partir de 1554 y de Fratín a partir de 1575. Estudios del Plan Director de las murallas renacentistas | 464 |
| 12.10. Debate sobre una fortaleza en la barra del Tajo, Portugal (Archivo General, Simancas) | 464 |
| 12.11. Plantas comparadas de: (1) El diseño inicial de la Goleta de Túnez, 1538; (2) San Telmo de Nápoles, 1538; y (3) San Telmo de Malta, 1543 | 467 |
| 12.12. (1) Proyecto para San Telmo de Malta, 1543; (2) Dibujo de Escrivá en su <i>Apología</i> comparando cortina llana y tijera, 1538; (3) Plano que muestra las distintas soluciones para fortificar La Valleta, h. 1565 | 469 |
| 12.13. <i>Apología</i> de Escrivá, 1538: (1) Soluciones comparadas de cortina llana o común, cortina articulada en espiga de Ferrara y tijera de San Telmo en Nápoles; (2) Comparación de los baluartes resultantes de una planta cuadrada y una triangular para igual longitud de cortina; (3) Diseño para Capua | 470 |
| 12.14. Ilustración del comentario al texto de Escrivá: «no se pude en ninguna manera tirando a batería embocar la tronera y tirando a embocar no se puede hacer batería» | 473 |
| 12.15. Evolución del frente fortificado en el siglo xvi, según el <i>Tratado</i> de Rojas, 1598 | 425 |
| 12.16. (1-2) Plantas comparadas entre la traza rectangular y la heptagonal para igual medida de frente abaluartado, según la <i>Apología</i> , 1538; (3) Dos propuestas para la ciudadela de Cremona; (4) Planta hexagonal, según Rojas, 1538 | 476 |
| 12.17. Juan Bautista Antonelli, Mazalquivir, 1574: «Traza que va en perspectiva por mirar mejor el relieve» (Archivo General, Simancas) | 480 |
| 12.18. Cristóbal de Rojas: (1) Blavet, Lorient (Francia), h. 1592; (2) Modelo del siglo xviii de la fortaleza de Santa Catalina, Cádiz, 1598; (3) Modelo de fuerte al borde del mar, según su <i>Tratado</i> , 1598 | 482 |
| 12.19. (1) Traza de Peñíscola según el proyecto de Vespasiano Gonzaga y dibujo probablemente de Bautista Antonelli en 1579 (Archivo General, Simancas); (2) Planta del Morro de la Habana, a finales del siglo xvi | 483 |
| 13.1. Plano de Almadén en 1553 (Archivo General, Simancas) | 492 |
| 13.2. Torno de achicar agua en las minas de Almadén con zacas de cuero, 1674 (Archivo General, Simancas) | 494 |
| 13.3. Corte de un pozo de la mina de Almadenejos: bombas aspirantes de desagüe, escaleras para la bajada de mineros y torno. (Pensionados Agustín Ugena y Juan Roig, 1800) | 497 |
| 13.4. Sistema con contrapesos para mover los fuelles en una herrería, en G. Agrícola, <i>De Re Metallica</i> , 1556 | 502 |
| 13.5. Trompa de soplado en una herrería, en G. Branca, <i>La Machinae</i> , 1629 | 505 |
| 13.6. Bombas de pistones movidas por una rueda gravitatoria, en G. Agrícola, <i>De Re Metallica</i> , 1556 | 506 |
| 13.7. Horno de xabeca, según dibujo en la obra de Álvaro Alonso Barba, <i>Arte de los Metales</i> , 1640 | 511 |
| 13.8. «Del modo que se han de disponer los fondos en que se han de beneficiar los metales», en Álvaro Alonso Barba, <i>Arte de los Metales</i> , Madrid, 1640 | 512 |
| 13.9. «El cerro rico de Potosí», h. 1584 (The Hispanic Society of New York) | 516 |
| 13.10. Curva de producción de Potosí | 518 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 13.11. Guaira, según el <i>Arte de los Metales</i> , de Á. Alonso Barba (1640) e indios fundiendo minerales en guairas, «guairando», ilustración del siglo xvi (The Hispanic Society of New York) | 519 |
| 13.12. Alambiques en la obra de Bernardo Pérez de Vargas, <i>De Re Metallica</i> (Madrid, 1568) | 520 |
| 13.13. «Pragmática de su Magestad por la qual reuoca las mercedes de minas y declara la parte que han de hacer los descubridores de ellas, y la orden que se ha de tener en registrarlas y beneficiarlas», 1559 | 521 |
| 14.1. Portadas de cuatro de los tratados de navegación más significativos: <i>Suma Geográfica</i> , de Martín Fernández de Enciso (Sevilla, 1519); el <i>Arte de Navegar</i> , de Pedro de Medina (Valladolid, 1545); <i>Breve Compendio de la Sphera y de la Arte de Navegar</i> , de Martín Cortés (Sevilla, 1551); uno de los <i>Regimientos de Navegación</i> de Andrés García de Céspedes (finales del siglo xvii y principios del xviii) | 529 |
| 14.2. «Diferencia de mareas», según Martín Cortés, <i>Breve Compendio de la Sphera y de la Arte de Navegar</i> (Sevilla, 1551) | 534 |
| 14.3. Navegantes “pesando el sol” con el astrolabio y manejando la ballestilla, en obras de Pedro de Medina | 540 |
| 14.4. Instrumentos náuticos: ballestilla (M. Cortés, <i>Breve Compendio...</i> , Sevilla, 1551); astrolabio (A. de Chaves, <i>Espejo de Navegantes</i> , h. 1520-1538); cuadrante (D. García de Palacio, <i>Instrucción Náutica</i> , México, 1587) | 541 |
| 14.5. Siete décadas de vigencia: Pedro de Medina, <i>Arte de Navegar</i> (edición holandesa de 1598, italiana de 1609, francesa de 1628); Martín Cortés, <i>Breve Compendio...</i> (edición inglesa de 1630) | 544 |
| 14.6. Carta náutica «plana», en el <i>Breve Compendio...</i> de Martín Cortés (Sevilla, 1551) | 546 |
| 14.7. El Nuevo Mundo, en la <i>Instrucción Náutica</i> de D. García de Palacio (México, 1587) | 546 |
| 15.1. Navíos latinos, con las características velas triangulares (Juan Escalante de Mendoza: <i>Itinerario de Navegación de los mares y tierras occidentales</i> , h. 1575; manuscrito del Museo Naval de Madrid) | 551 |
| 15.2. Pedro de Medina: <i>Regimiento de navegación</i> (Sevilla, 1561): (1) Portada del texto con una nao atlántica que lleva las armas del emperador; (2) Diferentes tipos de navíos: galera, carraca, nao, carabela y otros menores . | 553 |
| 15.3. El velamen; primeros patrones impresos: Mezana [sic], gabia [sic], boneta y papahígo (Diego García de Palacio: <i>Instrucción náutica para el buen uso, y regimiento de las naos, su traça y gobierno</i> , Méjico, 1587) | 554 |
| 15.4. Galeaza y galeones: (1) Galeaza; (2) Galeón con cuatro puentes artilleros, en primer plano, y otros galeones y carracas; (3) Galeón capitana de la armada de Álvaro de Bazán (las tres primeras imágenes son detalles del fresco de Niccola Granello, <i>La toma de la Tercera</i> , 1583; Sala de las Batallas, El Escorial, h. 1586); (4) Galeón capitana de la armada del almirante Hoces, 1634 (Archivo-museo del Viso del Marqués, Ciudad Real) | 555 |
| 15.5. Reconstrucción de la nao <i>Santa María</i> (1892) | 557 |
| 15.6. Carabelas y naos portuguesas: (1) Flota con la que Vasco de Gama dobló el cabo de Buena Esperanza en 1497; (2) Segunda Armada de Pedro Alvares Cabral. (<i>Livro de Lisuarte de Abreu</i> , h. 1558-1564; Ms. de la Perpont Morgan | |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Library, NY, EE.UU., ed. facs. por la Comissão Nacional para as Comemorações dos Descobrimentos Portugueses, Lisboa, 1992) | 560 |
| 15.7. Buques armados con cuatro niveles de artillería: (1) Nao <i>Santa Catarina do Monte Sinai</i> (óleo atribuido a Cornelius Anthoniszoon, segunda década del siglo xvi, Museo de Marinha, Lisboa; (2) Naos-galeones en primer plano (tapiz perteneciente a la serie sobre <i>La Conquista de Túnez por el emperador Carlos V</i> , encargada en 1548 y realizada en oro, plata, seda y lana por el bruselense Guillermo de Pannemaker, a partir de los cartones del pintor Jan Cornelisz Vermeyen, Patrimonio Nacional) | 562 |
| 15.8. Diseños técnicos en el <i>Libro primeiro de Architectura naval</i> de João Baptista Lavanha, h. 1610; manuscrito de la Real Academia de la Historia, Madrid | 567 |
| 15.9. Calafateador. Levanta el dañado sello de estopa y brea entre las tablas de un navío, en el marco de las operaciones de carenado | 569 |
| 15.10. Galeras, galeazas, naos y galeones, junto con diversas pequeñas embarcaciones auxiliares. «Desembarcación [sic] de Su M. en Lisboa» (Domingo Viera Serrão, h. 1622, en el libro <i>Viagem da Católica Real Majestade el Rei Filipe III</i> , de Juan Batista Lavaña, BNM) | 570 |
| 15.11. Carraca (s. xvi) «navegando contrabienio [sic] y por punta de bolina» (Juan Escalante de Mendoza: <i>Itinerario de Navegación de los mares y tierras occidentales</i> , h. 1575, BNM) | 574 |
| 15.12. Primeros impresos sobre construcción naval: (1) Diego García de Palacio, <i>Instrucción náutica para el buen uso y regimiento de las naos y su traça y gobierno conforme a la altura de México</i> (1587), le dedica el libro iv; (2) Tomé Cano, <i>Arte para fabricar, fortificar y aparejar naos</i> (Sevilla, 1611), es el primer texto monográficamente consagrado al tema | 577 |
| 15.13. Medidas de alzado y de sección para la construcción de navíos. (Diego García de Palacio: <i>Instrucción náutica para el buen uso, y regimiento de las naos, su traça y gobierno</i> , Méjico, 1587; el libro iv incluye varios dibujos, y es el primero que llegó a publicarse sobre esta materia) | 579 |
| 15.14. Galeaza-galeón: prototipo elevado al Consejo de Guerra, 1589 (AG Simancas, Valladolid) | 587 |
| 16.1. Portadas de las primeras ediciones de la <i>Obra de Agricultura</i> de Gabriel Alonso de Herrera (1513), la <i>Agricultura de Jardines</i> de Gregorio de los Ríos (1592) y el <i>Llibre dels Secrets de Agricultura</i> de Miguel Agustí (1617), y de la monumental edición crítica del tratado de Herrera realizada por la Sociedad Económica Matritense en 1818 | 596 |
| 16.2. Portadas de las primeras ediciones de los textos agronómicos de Juan Valverde (1578) y Francisco Gilabert (1626) | 601 |
| 16.3. Actividades agrícolas distribuidas en los doce meses del año. (Manuscrito francés de Pedro Crescendi, mediados del siglo xv) | 603 |
| 16.4. Xilografías correspondientes a diversas labores agrícolas recogidas por Pedro Crescendi en su <i>Opus ruralium</i> . (Bibl. Prov. de Córdoba) | 604 |
| 16.5. «Regla escuadra» y «báculo de Geometría» y manera de usar ambos instrumentos en agrimensura en los siglos xvii y xviii. A pesar de que las imágenes distan más de cien años, las realizaciones tipográficas no difieren apenas. (Miguel Agustí: <i>Libro de los secretos de Agricultura</i> , Barcelona, edición en catalán de 1617 y en castellano de 1722) | 606 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 16.6. Rueda perpetua para saber los años fértiles y estériles. La creencia en la influencia sobre los cultivos de las fases de la luna y la posición de los astros y signos zodiacales perduró en los textos agronómicos hasta bien entrado el siglo XVIII (Miguel Agustí: <i>Libro de los secretos de Agricultura</i> , 1722) . | 614 |
| 16.7. Portada y diversos grabados del <i>Libro de los secretos de Agricultura</i> de 1722 . | 619 |
| 16.8. Jardín de la Casa de Campo. Uno de los jardines renacentistas españoles es el del Palacio de los Vargas, construido por orden de Felipe II en 1567 por el arquitecto Juan Bautista de Toledo. (<i>Óleo de Félix Castello</i> , [h. 1634], Museo Municipal de Madrid) . | 623 |
| 16.9. Garbanzos, habas, perales, limoneros, naranjos y melocotoneros eran algunas de las legumbres y árboles frutales de los que Herrera recomendaba su cultivo. (Pedacio Dioscorides; Andrés Laguna: <i>Acerca de la materia medicinal y de los venenos mortíferos</i> , Amberes, 1555) (Bibl. Nacional de España) . | 627 |
| 16.10. Tabla de albeitería para curar las enfermedades de bueyes, vacas y becerros. Se describen los síntomas de 45 enfermedades del ganado vacuno (Miguel Agustí: <i>Libre dels secrets d'Agricultura</i> , 1617) . | 629 |
| 16.11. Máquinas, herramientas y actividades de la industria rural en el Renacimiento. (Agostino Gallo: <i>Le venti giornate dell'agricoltura</i> , Venecia, 1622) (Bibl. de Catalunya) . | 634 |
| 17.1. «Molino de grúa que muele con un hombre», manuscrito de Francisco Lobato (propiedad particular) . | 642 |
| 17.2. Molinos de viento, según el manuscrito de Francisco Lobato (propiedad particular): sin velas y sin entruesa; con velas, Gaspar Rotilo, 1556 | 643 |
| 17.3. Molinos «común» y de poste, según el manuscrito de Francisco Lobato (propiedad particular) . | 644 |
| 17.4. (1) Rueda con paletas rectas y cangilones para elevar agua, en M. Vitruvio Pollion, <i>De Architectura</i> , traducción al castellano de Miguel de Urrea, Alcalá, 1582; (2) Rueda vitruviana básica, Herrería de Compludo, Ponferrada (León) . | 647 |
| 17.5. Molino de balsa y cubo, según <i>Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas</i> (Biblioteca Nacional, Madrid) . | 648 |
| 17.6. Molino «de regolfo», según <i>Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas</i> (Biblioteca Nacional, Madrid) . | 650 |
| 17.7. Molino hidráulico aceitero con rueda vertical, según <i>Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas</i> (Biblioteca Nacional, Madrid) . | 562 |
| 17.8. Proceso de extracción del aceite, según <i>Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas</i> (Biblioteca Nacional, Madrid) . | 563 |
| 17.9. Trapiche para caña de azúcar y mecanismo de corte, según <i>Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas</i> (Biblioteca Nacional, Madrid) . | 654 |
| 17.10. Batán, según <i>Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas</i> (Biblioteca Nacional, Madrid) . | 655 |
| 17.11. Máquina para zurrar el cuero, según V. Zonca, <i>Novo Teatro di Machine et Edificii</i> , Padua, 1602 . | 658 |
| 17.12. Sistema de soplado de cuatro barquines, según Agostino Ramelli, <i>Le Diverse et Artificiose Machine</i> , París, 1588 . | 659 |
| 17.13. Molino «de sangre» de múltiples usos, según <i>Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas</i> (Biblioteca Nacional, Madrid) . | 670 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 17.14. Fabricación de almidón, según <i>Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas</i> (Biblioteca Nacional, Madrid) | 662 |
| 17.15. Lavadero de lanas, según <i>Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas</i> (Biblioteca Nacional, Madrid) | 663 |
| 17.16. Obtención del alumbre, según <i>Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas</i> (Biblioteca Nacional, Madrid) | 664 |
| 17.17. Obtención de caparrosa o vitriolo, según <i>Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas</i> (Biblioteca Nacional, Madrid) | 665 |
| 17.18. Obtención de salitre, según <i>Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas</i> (Biblioteca Nacional, Madrid) | 665 |
| 17.19. Fabricación de vitriolo y de salitre, según G. Agrícola, <i>De Re Metallica</i> , lib. XIII | 667 |
| <i>Patrimonio recuperado (1):</i> El molino de viento de Malanquilla (Zaragoza) | 645 |
| <i>Patrimonio recuperado (2):</i> El batán de Lacort (Fiscal, Huesca) | 656 |
| <i>Patrimonio recuperado (3):</i> Los molinos de pólvora de Villafeliche (Zaragoza) | 657 |
| | |
| 18.1. Molinos hidráulicos del siglo XVI, con eje vertical, cubo y saetina (el inferior también con balsa), según el manuscrito de Francisco Lobato (propiedad particular) | 673 |
| 18.2. Página inicial del privilegio por invención de un sistema de molienda, concedido por Isabel la Católica a Pedro de Azlor en 1478 (Archivo General, Simancas) | 675 |
| 18.3. Máquina de vaivén de Jerónimo de Ayanz con su balanza para determinar el rendimiento (Archivo General, Simancas) | 677 |
| 18.4. Sistema inercial aplicable a molinos, en el privilegio de José Bono de 1580 (Archivo General, Simancas) | 679 |
| 18.5. Reconstrucción de una de las torres elevadoras de agua del ingenio de Juanelo Turriano (dibujo de Juan Ramos basado en la reconstrucción de N. García Tapia) | 684 |
| 18.6. Reconstrucción del ingenio patentado por Zubiaurre en 1603 (dibujo y reconstrucción del autor) | 687 |
| 18.7. Molino de contrapesos, según <i>Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas</i> (Biblioteca Nacional, Madrid) | 688 |
| 18.8. Molino «de regolfo», según el manuscrito de Francisco Lobato (propiedad particular) | 690 |
| 18.9. Reconstrucción del ingenio de vapor de Jerónimo de Ayanz, patentado en 1606 (dibujo de Diego Moñux basado en la reconstrucción de N. García Tapia) | 693 |
| 18.10. Experimento de Juan de Escrivá con vapor de agua, utilizable para subir agua, 1606 | 694 |
| 18.11. Máquina de vapor de Thomas Savery (1702): El «amigo del minero» | 697 |

ÍNDICE

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Nota previa sobre la segunda edición | 7 |
| Presentación: Modernidad y técnica en el imperio | 9 |
| 1. Sobre Técnica e Ingeniería: en torno a un <i>excursus</i> lexicográfico <i>Manuel Silva Suárez</i> | 27 |
| 1.I. Técnica y arte | 28 |
| 1.II. Ingeniero e ingeniería | 31 |
| 1.II.1. Aproximación etimológica: “ingenio” + “-ero” | 32 |
| 1.II.2. Elementos sobre la profesión en la Edad Moderna | 42 |
| 1.II.3. Arquitecto e ingeniero | 47 |
| 1.II.4. <i>Ingénieur “versus” engineer</i> : dos tradiciones profesionales diferenciadas | 53 |
| 1.III. Ciencia y tecnología | 57 |
| 1.III.1. Ciencia e ingeniería | 57 |
| 1.III.2. En torno a “tecnología” | 61 |
| Bibliografía | 65 |
| 2. Valoración filosófica de la técnica <i>Miguel Ángel Granada Martínez</i> | 67 |
| 2.I. Artes liberales y Artes mecánicas en la Antigüedad y en la Edad Media | 67 |
| 2.II. La rebelión de los “artistas” en el Renacimiento italiano. Hacia el concepto de “Bellas Artes” | 70 |
| 2.III. Artes mecánicas y ciencia en el Renacimiento. La rehabilitación y reivindicación de la técnica | 72 |
| 2.III.1. La convergencia de artes mecánicas y ciencia en el Renacimiento | 74 |
| 2.III.2. La rehabilitación de la técnica en los reformadores de la enseñanza: Luis Vives (1492-1540) y Petrus Ramus (1515-1572) | 80 |
| 2.IV. Francis Bacon (1561-1626) | 86 |
| Bibliografía | 94 |
| 3. Los gremios: estructura y dinámica de un “modelo” gremial <i>Siro Villas Tinoco</i> | 95 |
| 3.I. Propuesta de un “modelo” de gremio | 97 |
| 3.II. Aspectos económicos del mundo gremial | 101 |
| 3.III. Los gremios, la política y el poder municipal | 108 |
| 3.IV. Funcionalidad gremial en la organización social | 114 |
| 3.V. Gremios, cofradías y asistencia benéfico-religiosa | 119 |
| 3.VI. A modo de conclusiones | 123 |
| Bibliografía | 127 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------|-----|
| 4. La profesión de ingeniero: los ingenieros del rey | |
| <i>Alicia Cámara Muñoz</i> | 129 |
| 4.I. Una nueva profesión: la procedencia de los protagonistas | 131 |
| 4.I.1. La arquitectura y las artes | 133 |
| 4.I.2. Militares, nobles y maestros | 136 |
| 4.II. La formación | 139 |
| 4.II.1. Geometría y matemáticas | 139 |
| 4.II.2. La imprescindible experiencia | 141 |
| 4.II.3. Academias y tratados | 143 |
| 4.III. El ejercicio de la profesión | 145 |
| 4.III.1. Controlar el territorio y las fronteras | 145 |
| 4.III.2. El dibujo y las relaciones | 150 |
| 4.III.3. La arquitectura militar | 154 |
| 4.III.4. Las obras de ingeniería | 159 |
| 4.IV. La vida de los ingenieros | 162 |
| 4.IV.1. Servir a un señor | 162 |
| 4.IV.2. Viajar, trazar, informar, ejecutar y controlar | 163 |
| 4.IV.3. Estatus económico y social | 164 |
| 4.V. Corte y ciencia: La geometría del Imperio | 165 |
| 4.V.1. «Para mandar es menester ciencia» | 165 |
| 4.V.2. El modelo de la Antigüedad y la intervención en el territorio | 166 |
| 4.V.3. Volviendo a Vitruvio | 167 |
| Bibliografía | 168 |
| 5. Instituciones para la formación de los técnicos | |
| <i>Mariano Esteban Piñeiro</i> | 169 |
| 5.I. La formación técnica en las universidades | 172 |
| 5.II. La Casa de la Contratación de Sevilla | 175 |
| 5.III. La Academia Real Matemática | 180 |
| 5.IV. Academias de Matemáticas en las ciudades del reino | 194 |
| 5.V. Las Escuelas de Artillería | 197 |
| 5.VI. La Cátedra de Matemáticas y fortificación | |
| del Consejo de Guerra | 202 |
| Bibliografía | 206 |
| 6. Técnica y estética: los tratados de arquitectura | |
| <i>Jesús Criado Mainar</i> | 207 |
| 6.I. Los tratados de arquitectura de la Italia renacentista | 210 |
| 6.II. La arquitectura española del siglo XVI y los tratados | 214 |
| 6.III. Una aproximación al panorama aragonés | 225 |
| 6.III.1. Los inventarios de libros | 225 |
| 6.III.2. Los contratos de obras | 229 |
| 6.III.3. La aplicación práctica de los tratados | 231 |
| Bibliografía | 235 |
| 7. El lenguaje: inflexión y pervivencias | |
| <i>Manuel Silva Suárez</i> | 243 |
| 7.I. La representación gráfica: alcance y consecuencias | 245 |
| 7.II. Pintando mares y territorios: la cartografía | 247 |

| | | |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 7.II.1. | Sobre proyecciones cartográficas: la herencia helenística ... | 248 |
| 7.II.2. | Cartografía marítima: portulanos, cartas planas y cartas esféricas | 249 |
| | Portulanos: «la cartografía floreció en el mar» | 250 |
| | Los orígenes de la cartografía marítima moderna: de cartas planas a esféricas | 253 |
| 7.II.3. | De la geodesia a la planimetría | 259 |
| | Mapas corográficos | 259 |
| | El relieve: asignatura pendiente | 265 |
| 7.III. | Apunte sobre sistemas de representación volumétrica: de la perspectiva cónica y las proyecciones cilíndricas | 270 |
| 7.IV. | Corografía urbana. Perfiles, vistas y planos: entre la cartografía y la escenografía | 276 |
| 7.V. | El dibujo arquitectónico: arquitectura civil e ingeniería de fortificación | 286 |
| 7.VI. | La representación de máquinas: de “retratos” a esquemas | 293 |
| 7.VII. | A modo de epílogo: el Renacimiento como punto de inflexión en las técnicas de representación. Maquetas y dibujos | 304 |
| | Bibliografía | 307 |
| 8. | La divulgación técnica: características lingüísticas | |
| | <i>María Jesús Mancho Duque</i> | 311 |
| 8.I. | El humanismo científico | 311 |
| 8.II. | Las matemáticas como motor de la renovación técnica | 312 |
| 8.III. | El castellano o español, instrumento de la divulgación técnica | 313 |
| 8.IV. | La fluctuación genérica de los textos técnicos | 316 |
| 8.V. | Lengua y estilo de los textos de la técnica | 319 |
| 8.VI. | El problema de los tecnicismos | 320 |
| 8.VII. | Los glosarios especializados de las artes técnicas | 324 |
| 8.VIII. | Normalización de las voces especializadas | 329 |
| 8.IX. | Los préstamos en el campo de la técnica | 332 |
| 8.X. | La neología formal | 337 |
| 8.XI. | La neología semántica | 340 |
| 8.XII. | El inicio de las terminologías | 342 |
| | Bibliografía básica | 343 |
| 9. | Ingeniería y obra pública civil | |
| | <i>Fernando Sáenz Ridruejo</i> | 345 |
| 9.I. | Caminos y puentes | 346 |
| 9.I.1. | Caminos de los Reyes Católicos | 346 |
| 9.I.2. | El siglo XVI | 348 |
| 9.I.3. | Los puentes renacentistas | 349 |
| | Algunos ejemplares notables | 352 |
| | El puente de Almaraz | 355 |

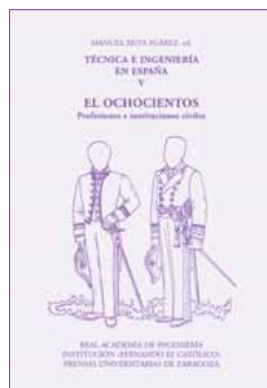
| | | |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 9.II. | Obras hidráulicas: presas, acequias, etc. | 356 |
| 9.II.1. | Presas | 357 |
| 9.II.2. | La Acequia Imperial | 359 |
| 9.II.3. | Los riegos de Aranjuez | 362 |
| 9.II.4. | Otras acequias | 363 |
| 9.II.5. | La Fuente Grande de Ocaña | 364 |
| 9.II.6. | La mina de Daroca | 364 |
| 9.III. | Abastecimientos de agua, acueductos | 366 |
| 9.III.1. | Teruel | 366 |
| 9.III.2. | Otros acueductos, Valladolid | 369 |
| 9.III.3. | Plasencia y Oviedo | 371 |
| 9.III.4. | Elevación de aguas a Toledo | 373 |
| 9.IV. | Los puertos | 375 |
| | Bibliografía | 382 |
| 10. | La artillería: aproximación y materiales | |
| | <i>Pedro Mora Piris</i> | 385 |
| 10.I. | Aproximación a la artillería en los siglos xv y xvi | 386 |
| 10.I.1. | La artillería de los Reyes Católicos | 386 |
| 10.I.2. | La artillería de Carlos I | 387 |
| | Llegada a España de Carlos I. Primeras disposiciones | 387 |
| | Organización artillera de 1525 a 1540 | 388 |
| | Organización de 1540 a 1555 | 388 |
| 10.I.3. | La artillería de Felipe II | 389 |
| 10.II. | Los tratados de artillería: manuscritos e impresos | 391 |
| 10.III. | Los primeros materiales de artillería (siglo xv) | 392 |
| 10.IV. | La artillería del siglo xvi | 395 |
| 10.IV.1. | Los primeros materiales de bronce | 395 |
| 10.IV.2. | Cuestiones técnicas y balísticas en los nuevos materiales ... | 397 |
| 10.IV.3. | Intento de regularización de los modelos de cañones | 397 |
| 10.IV.4. | Aspectos técnicos: pólvoras, municiones y alcances | 399 |
| 10.IV.5. | Montajes y transportes de las piezas | 400 |
| 10.IV.6. | Procedimientos para hacer fuego | 401 |
| 10.IV.7. | Operaciones balísticas | 403 |
| | Bibliografía | 404 |
| 11. | Teoría y práctica en los tratados de artillería | |
| | <i>Mariano Esteban Piñeiro</i> | 405 |
| 11.I. | Lo que debe saber un artillero | 406 |
| 11.II. | Las primeras obras de artillería. Diego de Salazar | 412 |
| 11.III. | De la <i>Nova Scientia</i> al <i>Perfeto Capitán</i> | 415 |
| 11.IV. | El <i>Libro de instrumentos nuevos de Geometría</i> de García de Céspedes y los grandes tratados españoles de Ufano y Lechuga | 430 |
| 11.V. | Consideraciones finales | 446 |
| | Bibliografía | 447 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 12. La formulación de los principios de la fortificación abaluartada en el siglo xvi. De la <i>Apología</i> de Escrivá (1538) al <i>Tratado</i> de Rojas (1598) | |
| <i>Fernando Cobos-Guerra</i> | 449 |
| 12.I. Modelos y principios del arte de la fortificación | 450 |
| 12.II. La concepción del baluarte moderno | 454 |
| 12.II.1. La fortificación española de transición | 457 |
| 12.II.2. Baluartes frontales y baluartes angulares | 458 |
| 12.III. La situación y protección de las defensas | 461 |
| 12.III.1. De las casamatas | 461 |
| 12.III.2. De las troneras | 462 |
| 12.IV. La deflexión del fuego enemigo y el flanqueamiento de las obras propias | 466 |
| 12.IV.1. Los tipos de cortina | 471 |
| 12.V. Los ángulos y la proporción, la dimensión y forma de las plazas fuertes | 472 |
| 12.V.1. Plantas y medidas ideales | 472 |
| 12.VI. Los modelos ideales y la adaptación al lugar | 478 |
| 12.VI.1. «Que como ningun lugar hay que totalmente sea como el otro, asi variamente se deven las fortalezas a los lugares acomodar» | 478 |
| 12.VI.2. «Saber reconocer bien el puesto donde se ha de hacer la fortaleza» | 484 |
| Bibliografía | 486 |
| 13. La minería | |
| <i>Julio Sánchez Gómez</i> | 487 |
| 13.I. La demanda de productos extractivos en el mundo renacentista | 488 |
| 13.II. La respuesta a la demanda | 491 |
| 13.II.1. La minería española, 1500-1550 | 491 |
| 13.II.2. El nacimiento de la minería americana | 495 |
| 13.II.3. La minería en Europa central, 1500-1550: un primer momento de esplendor | 500 |
| 13.III. La renovación de la minería española | 508 |
| 13.IV. El despegue de la minería americana | 514 |
| 13.V. A modo de conclusión | 522 |
| Bibliografía | 523 |
| 14. El arte de navegar | |
| <i>M.^a Isabel Vicente Maroto</i> | 525 |
| 14.I. Pilotos y maestros en el arte de navegar | 526 |
| 14.II. Textos náuticos | 531 |
| 14.III. Instrumentos de navegación | 537 |
| 14.IV. La determinación de la longitud | 541 |
| 14.V. A modo de resumen | 545 |
| Bibliografía | 547 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 15. La construcción naval | |
| <i>M.ª Isabel Vicente Maroto</i> | 549 |
| 15.I. Los navíos ibéricos | 550 |
| 15.I.1. Navíos de vela y de remo | 550 |
| 15.I.2. Los navíos mediterráneos | 552 |
| 15.I.3. Los navíos oceánicos | 555 |
| 15.I.4. Las flotas | 565 |
| 15.II. El arte de la construcción naval | 566 |
| 15.III. Las unidades de medida lineales y de arqueo | 570 |
| 15.IV. Los tratados de arquitectura naval | 573 |
| 15.V. A modo de conclusión | 586 |
| Bibliografía | 590 |
| 16. Agronomía y geoconomía | |
| <i>Jordi Cartaña i Pinén</i> | 593 |
| 16.I. La literatura agronómica en el siglo XVI | 595 |
| 16.I.1. Los autores geopónicos españoles | 598 |
| 16.I.2. Las influencias de los autores clásicos en los geopónicos españoles | 602 |
| 16.II. Estructura y organización de la obra de Gabriel Alonso de Herrera | 607 |
| 16.III. Las aportaciones técnicas: entre la tradición y la modernidad . | 615 |
| 16.III.1. Sobre las enmiendas del suelo y los abonos | 615 |
| 16.III.2. El jardín renacentista visto por los agrónomos españoles ... | 620 |
| El diseño y las características técnicas | 621 |
| El riego del huerto y jardín | 625 |
| 16.III.3. Las plantas agrícolas y ornamentales utilizadas durante el Renacimiento | 626 |
| 16.IV. A modo de conclusión | 635 |
| Bibliografía | 636 |
| 17. Protoindustria: Una perspectiva desde <i>Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas</i> | |
| <i>Alexander G. Keller y Manuel Silva</i> | 639 |
| 17.I. Los molinos y sus tipos | 641 |
| 17.II. Otros ingenios accionados hidráulicamente | 651 |
| 17.III. Procesos “proto-industriales” | 661 |
| Bibliografía | 667 |
| 18. Privilegios de invención | |
| <i>Nicolás García Tapia</i> | 669 |
| 18.I. Inventar y descubrir | 669 |
| 18.II. La técnica española en el Renacimiento | 670 |
| 18.III. Origen de las patentes | 672 |
| 18.IV. Privilegios de invención en España | 674 |
| 18.V. Tipología de las invenciones | 676 |
| 18.VI. Origen social de los inventores | 678 |

| | |
|----------------------------------------------------------|-----|
| 18.VII. Invenciones en la técnica naval | 680 |
| 18.VIII. Máquinas para elevar el agua | 683 |
| 18.IX. Invenciones en molinos | 687 |
| 18.X. Precedentes de las turbinas hidráulicas | 690 |
| 18.XI. Las invenciones de Jerónimo de Ayanz | 691 |
| 18.XII. Máquinas de vapor para el drenaje de minas | 695 |
| 18.XIII. El privilegio de inventar | 698 |
| Bibliografía | 699 |
| Apuntes biográficos | 701 |
| Índice de ilustraciones | 739 |

Colección
TÉCNICA E INGENIERÍA EN ESPAÑA



- I. *EL RENACIMIENTO*
(ISBN 84-7820-742-2, 624 pp., 2004)
- I. *EL RENACIMIENTO. De la técnica imperial y la popular (2.ª edición corregida)*
(ISBN 84-7820-795-0, 760 pp., 2008)
- II. *EL SIGLO DE LAS LUCES. De la ingeniería a la nueva navegación*
(ISBN 84-7820-815-1, 621 pp., 2005)
- III. *EL SIGLO DE LAS LUCES. De la industria al ámbito agroforestal*
(ISBN 84-7820-816-X, 573 pp., 2005)
- IV. *EL OCHOCIENTOS. Pensamiento, Instituciones y Sociedad*
(ISBN 978-84-7820-920-0/776 pp., 2007)
- V. *EL OCHOCIENTOS. Profesiones e Instituciones Civiles*
(ISBN 978-84-7820-920-0, 736 pp., 2007)

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

