

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>Europa</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 Fratrín 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