

MANUEL SILVA SUÁREZ, ed.

EL OCHOCIENTOS

De los lenguajes al patrimonio

TÉCNICA E INGENIERÍA
EN ESPAÑA

MANUEL SILVA SUÁREZ, ed.

**TÉCNICA E INGENIERÍA
EN ESPAÑA**

VI

EL OCHOCIENTOS
De los lenguajes al patrimonio

Enrique Alarcón Álvarez	José Ignacio Muro Morales
Carles Alayo i Manubens	Javier Ortega Vidal
José Vicente Aznar García	Stefan Pohl Valero
Emilio Bautista Paz	Francesc Rodríguez Ortiz
Vicente Casals Costa	Amaya Sáenz Sanz
Juan Ignacio Cuadrado Iglesias	Jesús Sánchez Miñana
Leonardo Fernández Troyano	Manuel Silva Suárez
Alberto Fraile de Lerma	Mercedes Tatjer Mir
Cecilio Garriga Escribano	Fernando Vea Muniesa
Josefina Gómez de Mendoza	M. ^a Ángeles Velamazán Gimeno
Guillermo Lusa Monforte	Patricia Zulueta Pérez
Javier Manterola Armisén	

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

Publicación número 3.111
de la
Institución «Fernando el Católico»
(Excma. Diputación de Zaragoza)
Plaza de España, 2 · 50071 Zaragoza (España)
Tels.: [34] 976 288878/79 · Fax [34] 976 288869
ifc@dpz.es
<http://ifc.dpz.es>

© Los autores, 2011.

© De la presente edición, Real Academia de Ingeniería, Institución «Fernando el Católico»,
Prensas Universitarias de Zaragoza, 2011.

Cubierta: La motorización es una característica esencial de la Revolución Industrial. Se presentan motores de tres tipos, todos diseñados y construidos en el siglo XIX: Máquina de vapor semifuja vertical de Alexander Hermanos; motor horizontal de gas de tipo Otto, protegido por patente de invención, de Joaquín Torres; y dinamo *Gramme* L5 construida por la Sociedad Española de Electricidad. Estos tres tipos de motores coexistían en el cambio de siglo.

Contracubierta: Dibujos en la patente depositada por los ingenieros militares Eusebio Molera Bros y Juan Cebrián Cervera el 20 de junio de 1880 en los Estados Unidos. Residentes en California, trabajaron en muy diversos temas. Esta patente concierne a una mejora para los microscopios.

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

ISBN: 978-84-9911-151-3 (volumen VI)

Depósito Legal: Z-3688-2011

Corrección ortotipográfica: Ana Bescós y Laura Ayala

Digitalización: María Regina Ramón, AHOEPM, Bibl. ETSICCP de Madrid y Fons Històric de la ETSEI de Barcelona

Tratamiento digital: Manuel Silva Suárez

Maquetación: Littera

Impresión: INO Reproducciones, Zaragoza

IMPRESO EN ESPAÑA - UNIÓN EUROPEA

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

0.1. Motores en la primera mitad del Ochocientos y dominios de aplicación (J. GOTTI: <i>La maquinaria moderna</i> , 4 vols. más atlas, Barcelona, Impr. de José Gaspar, 1859-1861) . . .	13
0.2. La locomóvil, máquina de vapor transportable merced a ruedas, pero rara vez automóvil: 1) Cartel de la feria malagueña de 1900; 2) Locomóviles de uno y dos cilindros de La MTM (C. CAMPS ARMET: <i>Diccionario industrial. Artes y oficios de Europa y América</i> , vol. v, Barcelona, A. Elías y C. ^a , s. f., h. 1890)	19
0.3. «De invenciones según las cuales se pueden hacer los puentes de madera sin poner palos en el río», según A. PALLADIO, en <i>Los cuatro libros de arquitectura</i> (1570): 1) Puente del Cismone; 2) Puente alemán	26
0.4. Detalles constructivos en estructuras férreas: 1) Cercha tipo Polonceau de la estación Oeste de París (fuente: N. VALDÉS: <i>Manual del ingeniero y arquitecto</i> , Madrid, Impr. de Gabriel de Aranda, 1870); 2) Ensamblajes especiales (fuente: A. ROVIRA Y RABASSA: <i>El hierro, sus cortes y enlaces</i> , Barcelona, Libr. de Ribó y Marín, 1900)	29
0.5. Vigas maestras y cálculo mediante el método Cremona: 1) Diversos tipos de vigas (fuente: N. TOUS Y CAZE: <i>Puentes metálicos</i> , Barcelona, Impr. Elzeviriana de Borrás y Mestres, 1909); 2) Aplicación del método Cremona a una viga Warren (fuente: L. GAZTELU: <i>Cálculos de estabilidad de los puentes: exposición elemental</i> , Madrid, Establ. Tip. de Fortanet, 1896)	31
0.6. Puente de hierro o de Sagasta (Logroño, 1881), construido por La Maquinista Terrestre y Marítima, es el puente más largo construido por la empresa en el siglo XIX (fot.: MSS) . . .	33
0.7. Industria Malagueña, complejo <i>a la inglesa</i> fundado en 1847 por Manuel Agustín Heredia. (Fuente: Grabado de <i>El Guadalhorce</i> , y fotografía post. a 1904)	50
0.8. Averly (Zaragoza), fábrica <i>moderna</i> del sector metalmecánico (1880): 1) Plano autógrafa de Antonio Averly (1879); 2) Grabado (h. 1905); 3) Salida de la fábrica (h. 1905); 4) Turbina hidráulica (fuente: J. IGUAL: <i>Salto de agua. Motores e instalaciones hidráulicas</i> , Madrid, Dossat, 1913); 5) Reverso de la medalla al mérito otorgada en la Exposición Nacional de Minería, Artes Metalúrgicas, Cerámica, Cristalería y Aguas Minerales (Madrid, 1883); 6) Retrato del ingeniero fundador de la empresa	54
0.9. La Ceres de Bilbao (1899) es la primera fábrica enteramente construida en España con hormigón armado, <i>sistema Hennebique</i> . (Fuente: Archivo Foral de Vizcaya)	58
0.10. <i>Plano detallado de la Fábrica de Hierros de El Pedroso. Proyecto de reforma</i> (Archivo Municipal de El Pedroso, esc. 1:200, ms., 132 x 102 cm, h. 1910-1912) (fot.: MSS y desconocidos)	62
0.11. Diccionarios especializados y generales sobre léxico técnico: 1) <i>Vocabulario descriptivo de ferro-carriles</i> (M. MATA LLANA, 1863); 2) <i>Diccionario general de Arquitectura é Ingeniería</i> (P. CLAIRAC, 1891); 3) <i>Diccionario Industrial. Artes y oficios de Europa y América</i> (C. CAMPS, 1888-1892); 4) <i>Diccionario de electricidad y magnetismo y sus aplicaciones</i> (J. LEFEVRE, 1893)	65
0.12. Exposición con motivo del centenario de la adopción del Sistema Métrico Decimal, 1849-1949. (Fuente: COMISIÓN PERMANENTE DE PESAS Y MEDIDAS: <i>Álbum Conmemorativo de su Primer Centenario, 19 Julio 1849 – 19 Julio 1949</i> , Madrid, 1949)	70
0.13. Puente de celosía y bodega «de diseño»: 1) Puente ferrocarrilero en celosía de Pizarra (Málaga, 1867); 2) Real Bodega La Concha de González-Byass (Jerez, 1870), bodega decimonónica «de diseño». Fue construida por la empresa sevillana Portilla, White y Cía. . . .	72
0.14. Puente de Palacio sobre el Gran Neva (San Petersburgo). Premiado en un concurso internacional (1904), el diseño se debe al ingeniero industrial Magín Cornet y Masriera	73
0.15. Naves y pisos, en el membrete del conglomerado empresarial que puso en marcha Narciso Bonaplata (1807-1869) en Sevilla	78

- 2.1. Signos convencionales para la corografía y la hidrografía a escala 1:500.000:
En *Memorial Topographique et Militaire*, año XI, 3.^{er} trim., 5 (1803), secc. 1.^a, cap. III
(«Topographie»), lám. 4123
- 2.2. Fragmento de la hoja provincial de Barcelona del *Atlas de España y sus posesiones
de Ultramar* de Francisco Coello127
- 2.3. Signos de indicación de los diferentes tipos de caminos: «Instrucción para el orden
que deben seguir en las operaciones los ingenieros encargados de la rectificación
de las cartas geográficas de las provincias y de las divisiones territoriales, a fin de
que haya la debida uniformidad en los trabajos», en *Disposiciones relativas a la
rectificación del mapa de España de orden del Ministerio de la Gobernación*, Madrid,
I. Boix, Imprenta y Librero, 1841, fig. 6129
- 2.4. Signos topográficos convencionales empleados en el Instituto Geográfico y Estadístico:
Litografía del Depósito de la Guerra, en J. SUÁREZ INCLÁN, *Tratado de topografía*,
Madrid, Impr. y Lit. del Depósito de la Guerra, 1891, 2.^a ed., lám. 49132
- 2.5. Láminas de la *Introducción a la pasigrafía geológica* de A. von Humboldt, incluidas
en el segundo volumen de los *Elementos de orictognosia* (1805) de A. M. del Río134
- 2.6. Perfil del relieve peninsular, desde la Meseta hasta los Pirineos, pasando por Zaragoza,
publicado por Moritz Willkomm en su obra *Die Strand- und Steppengebiete der
iberischen Halbinsel und deren Vegetation*, 1852136
- 2.7. Estado de los trabajos del mapa geológico en 1873 (fuente: *Boletín de la Comisión
del Mapa Geológico de España*, 1883) y del mapa forestal en 1872 (V. CASALS, 1996) ...140
- 2.8. Propuesta gráfica efectuada por Daniel de Cortázar para su utilización en los mapas
geológicos. Publicada en el *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*
en 1882141
- 2.9. Croquis dasográfico de la sierra de Segura, en la provincia de Jaén (V. CASALS, 1996) ...144
- 2.10. Plano de rodales del monte *La Garganta* de los propios del Espinar, debido a los
ingenieros de montes Andrés Antón y Villacampa y Agustín Romero. Trazado a escala
1:20.000, fue publicado por la Junta General de Estadística en 1863145
- 2.11. Proyecto de un ferrocarril de Granollers a San Juan de las Abadesas: Plano parcial
en escala 1:5.000. 4.^a hoja, kilómetros 16, 17, 18, 19 y 20. Ildefonso Cerdà, 1856.
Curvas de nivel cada cinco metros. Distrito de Barcelona. Cartoteca del Institut
Cartogràfic de Catalunya151
- 2.12. Plano parcelario de la partida de San Bernabé, sección 25, escala 1:2.000.
M. Sabater y Palet. En *Estadística territorial del distrito de la ciudad de Tortosa*, 1868.
Ayuntamiento de Tortosa, Oficina del Catastre154
- 2.13. Topografía catastral de España. *Estado de los trabajos en la provincia de Madrid*:
1.^o de enero de 1866: Escala 1:400.000. Cromolitografía de la Junta de Estadística
(Biblioteca Nacional de España)155
- 2.14. Plano geométrico del pueblo de San Juan de Vilassar de Mar, Barcelona,
levantado según previene el R. D. circular de 26 de julio 1846: San Juan de Vilassar,
1 de noviembre de 1848158
- 2.15. Plano de los alrededores de la ciudad de Barcelona: proyecto de reforma y ensanche:
Ildefonso Cerdà, 1861. Cartoteca del Institut Cartogràfic de Catalunya159
- 2.16. Proyecto de ensanche de la villa de Bilbao, en *Diccionario enciclopédico Montaner
y Simón*, escala 1:5.000: Curvas de nivel. Cartoteca del Institut Cartogràfic de Catalunya ..160
- 2.17. *Plano de la plaza de Barcelona y su terreno hasta la distancia de una legua de las
fortificaciones, levantado con telémetro, acotado y dibujado por los jefes y oficiales
del Cuerpo de Ingenieros que componen la Brigada Topográfica y de Ensanche
de la misma*, Barcelona, 1853, escala del original 1:5.000. Manuscrito, fragmento162
- 3.1. Ch. Riegger: *Tratado sobre arquitectura civil*, 1763: Láminas, grabadas
por Juan Minguet174
- 3.2. *Dibujo de la figura humana*, cartilla de aprendizaje del dibujo del teniente coronel
y primer comandante de infantería Pedro de la Garza Dalbono, 1863179

- 3.3. Dibujos de Isidro Velázquez, h. 1820: Proceso de proyecto (Archivo General del Palacio Real de Madrid). Sección constructiva para uno de los pabellones de la Plaza de Oriente y una planta-alzado-sección del embarcadero del Retiro181
- 3.4. Ejercicio o prueba de acceso de Pedro Zengotita al título de académico de mérito de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, 1822183
- 3.5. El Puerto del Grao de Valencia, en dos momentos del siglo XIX: El primer dibujo ilustra un proyecto de principios de la centuria (1802), debido a Manuel de Mirallas. El segundo documento ilustra la propuesta de Alejandro Cerdá (1878) para el mismo puerto185
- 3.6. Proyecto de Teatro para la Corte, Juan José Fornés y Rabanals 1850: Conservado en la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando en Madrid hasta 1857, hay que lamentar la pérdida de los archivos de la Escuela de Arquitectura de Madrid durante la Guerra Civil189
- 3.7. Faro de Buda en Tarragona, planos del proyecto por Lucio del Valle, 1861: Dibujos del proyecto del faro de 51,5 metros de altura, publicados en la *Revista de Obras Públicas*. El faro desapareció definitivamente el 24 de diciembre de 1961195
- 3.8. Planos de Madrid y Zaragoza del último cuarto del siglo XIX: El plano de Madrid de 1872-1874 es el paso a limpio de las labores previas iniciadas por la Junta de Estadística a la escala de 1:500, reducida a la de 1:2.000 mediante el cuidado grabado de Reinoso. El plano de Zaragoza de 1880, dirigido por el ingeniero geógrafo Dionisio Casañal Zapatero (n. 1846), es un sorprendente documento realizado en 249 hojas a escala 1:250; en la hoja reproducida aparece un fragmento de la basílica del Pilar con la capilla198
- 3.9. Dibujos de levantamiento realizados para el conocimiento y la difusión de nuestro patrimonio edificado: la Alhambra de Granada, 1859-1861: El primero de ellos fue realizado por el arquitecto J. de la Gándara (1825-1870), mientras que el segundo es el grabado debido a J. Pi y Margall, en base al dibujo del arquitecto Nicomedes de Mendivil Cuadra202
- 3.10. Dibujos para la restauración de los monumentos: la catedral de León, 1860-1880: El primero corresponde a la campaña inicial de Matías Laviña Blasco (1860); el segundo, a la labor encadenada de Juan Madrazo Kuntz y Demetrio de los Ríos (1869-80)205
- 3.11. Instrumentos de dibujo: De la observación de las dos primeras láminas de la misma se puede deducir el equipo básico de dibujo207
- 3.12. Instrumentos de medición: De los fondos conservados en el Museo Nacional de Ciencia y Tecnología se adjunta un grafómetro de principios del siglo fabricado por Vicente Comas en Cartagena, mientras que el resto de piezas pertenecen al Instituto Geográfico Nacional: una cadena de agrimensor, una brújula taquimétrica de Grassell (h. 1890, Madrid-París), un nivel de precisión de Bastos y Laguna (h. 1890, Zaragoza) y un taquímetro de Amado Laguna (h. 1900, Zaragoza)208
- 4.1. Representación en sistema diédrico: Un procedimiento mecánico para limpiar minerales de hierro (AHOEPM, exp. 27013, 1900)222
- 4.2. Perspectivas isométrica y caballera, ambas paralelas: 1) Máquina de paletas usada en los barcos (N. VALDÉS: *Manual del ingeniero y el arquitecto*, 1870. Atlas, lám. 24, fragmento); 2) Unas mejoras en máquinas magnéticas o dinamoeléctricas aplicables a generadores y a motores (AHOEPM, exp. 01530, 1881)225
- 4.3. Perspectiva lineal (de fotografía directa): «La Industria Nacional, Talleres de la fundición de cañones de los Sres. Portilla, White y Compañía, Sevilla» (*La Ilustración Española y Americana*, 22 de febrero de 1890, n.º VII, p. 117)226
- 4.4. La sombra como recurso ilustrativo: Perfeccionamiento en los aparatos que se emplean para la fabricación de gas para el alumbrado y la calefacción (AHOEPM, exp. 04358, 1884)228
- 4.5. Trazado de sombras en elementos roscados (A. ROVIRA: *Teoría de las sombras*, 1890)228
- 4.6. Insinuación de la sombra mediante diferentes grosores de línea: Diseño de cañón (Andrés Manzano, 1826, ref. 0317, Museo Naval de Madrid)230

- 4.7. Corte escenificado: Mejoras en los buques submarinos provistos de torpedos (AHOEPM, exp. 4182, 1884)231
- 4.8. Representación mediante la planta superior y un corte según la dirección del alzado, con indicación del plano seccionador y aplicación de rayado en la superficie seccionada: Mecanismo inventado por Marcel Pradinet (J. M.^º de LANZ y A. de BETANCOURT: *Ensayo sobre la composición de las máquinas*, París, 1808)232
- 4.9. Utilización de diferentes tipos de línea: Construcción de una máquina para aserrar y cepillar simultáneamente tablitas delgadas de madera (AHOEPM, exp. 00778, 1880) ..233
- 4.10. Representación realista de la textura propia del material: 1) A. LE BEALLE: *Cours élémentaire théorique et pratique de dessin linéaire*, 1890; 2) V. RUIZ: *Lecciones de caminos de hierro*, 1895235
- 4.11. Utilización de líneas de diferente color como recurso codificado: Máquina para sacar agua con rueda (Domingo Espeliu, 1800, ref. 0131, Museo Naval de Madrid)236
- 4.12. Acotaciones: Del plano «Bombas de circulación principal. Motores y sus detalles». Pertenece al álbum litografiado *La Maquinista Terrestre y Marítima, Barcelona. Planos de las Máquinas del Buque de Combate Emperador Carlos V*, 1896 (Fons Històric de Ciència i Tecnologia de la ETSEI de Barcelona). (Litografía de M. Martí Campañá; fot.: MSS)239
- 4.13. Evolución en la representación de elementos roscados: Un sistema de corta-circuito electromagnético automático denominado interruptor bipolar volta (AHOEPM, exp. 20040, 1896)241
- 4.14. Realismo *vs* codificación: 1) M. BORRELL, *Tratado teórico y practico de dibujo...*, 1866; 2) Un aparato para ordeñar vacas (AHOEPM, exp. 13.424, 1892)242
- 4.15. Apretada síntesis de la evolución en el dibujo de la máquina en el Ochocientos: 1) Detalle de un plano con el código de colores en el atlas con las *Máquinas y calderas de 1.500 caballos con destino a los cruceros de 3.^a clase Isabel II y D. Antonio Ulloa, realizadas por Portilla, White y Cía., Sevilla*; 2) Piezas del cambio de marchas del *Atlas de máquinas y calderas de triple expansión de 9.400 caballos indicados con tiro natural y 13.700 con tiro forzado del crucero Vizcaya, Astilleros del Nervión*, Bilbao, 1894. Ambos álbumes (de similares características) fueron litografiados e impresos por Auto. Imp. L. Curtier, París. (Biblioteca de la ETSI Navales, UPM)249
- 7.1. Museo de Pesos y Medidas del Centro Español de Metrología (Tres Cantos, Madrid): 1) Vista general de la gran sala con patrones anteriores al sistema métrico; 2) Sala acorazada donde se conservan los patrones del sistema métrico decimal. (Fot.: MSS) ...347
- 7.2. Textos relativos al sistema decimal: 1) y 2) Antes de la Ley de Pesos y Medidas de 1849, Gabriel Ciscar y Ciscar en 1800 y Salvador Ros y Renart en 1821 propusieron la adopción del sistema métrico decimal en España; 3) Primer texto monográfico para la enseñanza del sistema métrico decimal en España (1840); 4) Portada de la edición de 1862 de las *Tablas de reducción de las pesas y medidas de Castilla a las métrico-decimales*351
- 7.3. Sanción legal del sistema métrico decimal en España en 1849 y medalla conmemorativa del centenario: Bravo Murillo (óleo de Manuel García Martínez, Hispaletto, 1877, Congreso de los Diputados) y Alejandro Oliván (grabado publicado por *La Ilustración Española y Americana*). En el anverso de la medalla (1949) se aprecia el busto de Isabel II, y en el reverso, la sección en X (o de Tresca) del metro prototipo de platino iridiado sancionado legalmente en 1892356
- 7.4. Juegos del sistema métrico construidos en París en 1850: Fueron realizados por Paul-Gustave Froment (1815-1865), destacado mecánico de precisión salido de las aulas de la École Polytechnique. (Fot.: MSS)360
- 7.5. Reproducciones del metro fabricadas en Barcelona: 1) «por la empresa Soley de Barcelona por orden del Excmo. Sr. D. Carlos Ibáñez e Ibáñez de Ibero, primer Marqués del Mulhacén, siendo Presidente de la Comisión Permanente de Pesas y Medidas en 1880»; 2) Metros de madera con cantoneras de latón. (Fot.: MSS)371

7.6. <i>La Revista Métrica</i> , el medio de expresión de los fieles-contrastes: Editada en Zaragoza por el ingeniero industrial Modesto Torres Cervelló, se publicó hasta 1896. Financiada con suscripciones y publicidad, se muestran anuncios de una casa fabricante de Sevilla y otra comercial de Zaragoza, que aún existe	374
7.7. Los patrones españoles del metro correspondientes al Convenio Diplomático de 1875: Prototipos número 17 y número 24, de platino iridiado en forma de X (o sección de Tresca)	376
8.1. Construcción en madera: Cubierta de la famosa sala de ejercicios ecuestres de Moscú (1818), diseñada por Agustín de Betancourt y descrita en BETANCOURT (1818)	382
8.2. Construcción en hierro: Viaducto del Salado, diseñado por José Olano (1897)	382
8.3. Construcción en hormigón armado: La construcción del puente de Golbarado, Santander, diseñado por J. Eugenio Ribera (1900)	384
8.4. <i>Essai sur une application des règles de maximis & minimis à quelques problèmes de statique, relatifs à l'architecture</i> , por Charles-Augustin de Coulomb (presentación realizada en 1773), Mémoires de l'Académie Royale des Sciences, vol. 7, París, 1776 ..	387
8.5. <i>Estudio sobre la resistencia y estabilidad de los edificios sometidos a huracanes y terremotos</i> , obra de R. Cerero (1890), general de brigada, comandante general subinspector de Ingenieros del Archipiélago Filipino	390
8.6. Dos publicaciones notables: 1) J. Monasterio: <i>Nueva Teórica sobre el empuje de la bóvedas</i> , Madrid, 1808; 2) Ch. Dupin: <i>Geometría y mecánica de las artes y oficios</i> , Madrid, 1835 (traducido del francés por Juan López Peñalver de la Torre, 1825, para su uso en el Real Conservatorio de Artes, Madrid)	393
8.7. Débito a Claude Louis Navier: C. DEL PIÉLAGO, <i>Teoría Mecánica de las construcciones</i> , Madrid, 1837	395
8.8. Tres documentos relativos a cursos de Eduardo Saavedra en la Escuela Especial de Caminos: 1) Portada del texto manuscrito y litografiado <i>Lecciones de resistencia de materiales</i> , 1859; 2) Portada de las notas de clases <i>Lecciones de Mecánica Aplicada y de Hidráulica</i> , redactadas por varios alumnos de la promoción de 1859; y 3) Lámina de <i>Teoría de los puentes colgados</i> , Madrid, Imprenta Nacional, 1864 (2. ^a ed.)	400
8.9. P. DE ALZOLA: <i>Teoría del cálculo de las vigas rectas</i> , Madrid, 1870	402
8.10. J. M. de Zafra (1869-1923) inició en España el desarrollo del cálculo de obras de hormigón armado, en paralelo con las realizaciones de José Eugenio Ribera. Su <i>Cálculo de estructuras</i> data ya de 1916	405
8.11. J. Echegaray: <i>Conferencias sobre física matemática</i> , Madrid, 1909: Casi septuagenario, Echegaray fue designado para regentar la cátedra de Física Matemática de la Universidad Central (1905-1915)	407
9.1. Materiales y enlaces: La configuración en vigas de los materiales metálicos y sus uniones se expanden rápidamente a lo largo del siglo XIX	418
9.2. Planteamiento del cálculo de los arcos por Coulomb	420
9.3. Cerchas Polonceau para la cubrición de la estación de Austerlitz (París, 1869). Abajo se representa una viga triangulada	422
9.4. Cercha biapoyada en celosía de la Lime Street Station, con luz de 50 m. Richard Turner (1850) construyó esta formidable viga, totalmente articulada y que eliminaba la fea apariencia de los tirantes metálicos de las vigas Polonceau	424
9.5. Celosía curva atrantada a la manera de las cerchas de Polonceau: Sección transversal de la estación del Este de París (1849-53)	425
9.6. Pórtico tipo de Henry de Dion: Diseñado para la Exposición Universal de París de 1878, se utilizó para cubrir muchas estaciones, entre ellas las de Atocha y Delicias de Madrid	425
9.7. Pórtico transversal triangulado de 112 m de luz: Corresponde a la Sala de Máquinas de la Exposición Universal de París de 1889	426
9.8. Sinsentido resistente	429

- 9.9. Estación de Medina del Campo: 1) Vista frontal; 2) Cerchas Polonceau y arriostramiento longitudinal; 3) Dibujo y realización de los nudos de coronación; 4) Dibujo y realización de los enlaces entre el tirante y la viga principal de las cerchas Polonceau . . .431
- 9.10. Cubierta de la estación de Atocha: Construida por la Société Anonyme de Construction et des Ateliers de Willebroeck (Bélgica), por encargo de la compañía MZA (Madrid, Zaragoza, Alicante), 1888-1892432
- 9.11. Estación Término (o de Francia) de Barcelona: Con dos naves, ambas están en curva y los cuchillos que la soportan abandonan la disposición de Henry de Dion. Se emplea la mucho más eficaz y lógica de la Sala de Máquinas de París. El proyecto de la estructura se debe al ingeniero industrial Andrés Montaner i Serra, de La Maquinista Terrestre y Marítima, la empresa constructora434
- 9.12. Mercado de Les Halles de París: Esta misma estructura se utiliza en los madrileños mercados de la Cebada y los Mostenses, de construcción francesa437
- 9.13. Mercados madrileños: 1) de la Cebada (vista exterior de las persianas que cerraban el edificio); 2) de los Mostenses. Encargados los proyectos en 1867 al arquitecto Mariano Calvo y Pereira, la construcción comenzó en 1870, siendo inaugurados ambos el mismo día en 1875438
- 9.14. Mercado del Borne de Barcelona: 1) Litografía de 1896 (fuente: A. del CASTILLO, 1955); 2) Estructura de cubrición de las naves longitudinales; 3) Cúpula. Fue construido por La Maquinista Terrestre y Marítima; 4) Intersección entre la cúpula y las celosías transversales440
- 9.15. Mercado de San Antonio de Barcelona (1888). Fue construido por La Maquinista Terrestre y Marítima442
- 9.16. Mercado de la Boquería (o de San José) de Barcelona: Cubierta a dos aguas, sustentada por vigas en celosía transversales, de canto variable443
- 9.17. Mercado Central de Valencia: 1) Interior; 2) Formidable resolución del sostén de la cúpula y el enlace de su estructura con las naves principales y del crucero444
- 9.18. Palacio de Cristal del Retiro de Madrid, diseñado por el arquitecto Ricardo Velázquez (1887)445
- 9.19. Artificio basado en la inscripción de un círculo tangente interior y la triangulación de las esquinas446
- 9.20. Invernadero en el parque de la Ciudadela de Barcelona (1888)447
- 9.21. Faros: 1) de Buda, en la desembocadura del Ebro (Lucio del Valle, 1864); 2) de Punta de la Bana, también en la desembocadura del Ebro (Lucio del Valle, 1864); 3) de San Sebastián de Cádiz (Rafael de la Cerda, 1912)448
- 10.1. Puente colgante de Santa Isabel sobre el río Gállego (Zaragoza): El puente inicial se debió a la compañía de los hermanos Seguin (1844), siendo reconstruido en 1889-1890 por la empresa del también ingeniero francés Ferdinand Arnodin453
- 10.2. Puente de Isabel II sobre el río Guadalquivir, en Sevilla: Projectado según la patente de A. Polonceau por los ingenieros franceses G. Steinacher y F. Bernadet, fue construido por la fundición hispalense San Antonio de Narciso Bonaplata. Conocido popularmente como el puente de Triana, se inauguró en 1852. (Fot.: J. Laurent; fuente: VV. AA., *Puentes de hierro*, 1878b). (En el vol. iv, fig. 9.6, p. 526, se reproduce *Vista de Sevilla con el Puente de Triana*, óleo de Manuel Barron y Carrillo, 1860)455
- 10.3. Puente Internacional de Tuy sobre el río Miño (Pontevedra): De tipo celosía, proyectado por Pelayo Mancebo y Ágreda (1880), fue construido por la empresa belga Braine Le Compte, e inaugurado en 1886. (Fot.: L. Fernández Troyano)456
- 10.4. Esquemas de algunas vigas planas utilizadas con frecuencia en el siglo XIX457
- 10.5. Puentes de piedra: 1) de Navarcles, sobre el río Llobregat (Barcelona), en la carretera de Manresa a Gerona, 1864. Fue proyectado por José Álvarez y Enrique de León, 1853; 2) de Vargas sobre el río Pas, en la carretera de Torrelavega a La Cavada (Cantabria), 1864. (Fot.: J. Laurent)459

- 10.6. Viaducto sobre el río Esva (Asturias), en la línea de ferrocarril de Oviedo a Ribadeo (1866) 460
- 10.7. Puente de Contreras sobre el río Cabriel (1849): En la carretera de Madrid a Valencia por las Cabrillas (Cuenca-Valencia), el proyecto es de Lucio del Valle. (Fot.: J. Laurent; fuente: VV. AA., *Puentes de hierro*, 1878b) 462
- 10.8. Puentes de madera: 1) provisional sobre el río Guadalquivir, en el km 48 de la línea de ferrocarril de Córdoba a Sevilla, 1858 (ROP, 1859); 2) de la Princesa sobre el río Oñar, en Gerona. Ingeniero Víctor Marti, 1853 (ROP, 1853) 464
- 10.9. Puente colgante de San Francisco sobre el río Nervión en Bilbao (reconstrucción de 1852). Arquitecto Antonio Goicoechea. Ingenieros Félix Uhagon y L. de Lamartinière. Empresa constructora: J. Seguin. (Fot.: J. Martínez Sánchez; fuente: VV. AA., *Puentes de hierro*, 1878b) 469
- 10.10. Puentes colgantes metálicos: 1) de Arganda sobre el río Jarama, en la carretera de Madrid a Valencia. Proyecto inicial de Pedro de Miranda, inaugurado en 1843, reconstruido por Eugenio Barrón en 1863; 2) de Mengíbar sobre el río Guadalquivir (Jaén), en la carretera de Bailén a Málaga. Construido por la Fundación de San Antonio, Narciso Bonaplata (Sevilla), 1842. (Ambas fotografías son de J. Laurent; fuente: VV. AA., *Puentes de hierro*, 1878b) 472
- 10.11. Puente metálico colgante de Lascellas sobre el río Alcanadre (Huesca), en la carretera de Huesca a Monzón, 1860. Proyecto de Mariano Royo Urieta. (Fuente: VV. AA., *Puentes de carreteras*, 1878a). (En el vol. iv de esta misma colección, fig. 9.22, p. 551, se reproduce una fotografía de este puente por J. Laurent y Cía., 1867) 476
- 10.12. Puente de Vizcaya sobre la ría del Nervión, en Bilbao: Patrimonio de la Humanidad según la Unesco (2006), su diseño se debe a Alberto de Palacio Elisagüe y Ferdinand Arnodin (en 1893 y estado actual). (En la fig. 3.9, p. 253 del vol. iv de esta colección se pueden ver dibujos de las patentes ES 7.506 (noviembre 1887) y ES 14.246 (enero 1893), de Alberto de Palacio Elisagüe) 478
- 10.13. Puente *bow-string* sobre el río Cinca en Monzón (Huesca), proyecto del ingeniero Joaquín Pano Ruata, 1883. (Fot.: ROP, 1897) 483
- 10.14. La pasadera del agua de Sevilla o pasarela de Chapina (1898): De tipo *bow-string* con arcos muy rebajados y piso de tablones, sostenía las tuberías que traían agua procedente del Aljarafe y de la Sierra Norte de Sevilla. Realizada para «The Seville Water Works Company», firmaron el proyecto los ingenieros Charles A. Friend y Alfonso Escobar: 1) Plano de un artículo de Juan M. Zafra (ROP, año xiv, n.º 1.209, pp. 531-538); 2 y 3) Fotos anónimas de época (h. 1920) 484
- 10.15. Puente de El Grado sobre el río Cinca (Huesca): En la carretera de Barbastro a la frontera francesa, el proyecto es de José Echeverría, siendo director de la obra Juan Bautista Nevot. Constructora: Schneider y Cía., 1863. (Fot.: J. Martínez Sánchez; fuente: VV. AA., *Puentes de hierro*, 1878b) 485
- 10.16. Puente de Enrique Estevan sobre el río Tormes (Salamanca), proyecto de Saturnino Zufiaurre, 1898 486
- 10.17. Viaducto de Pino sobre el río Duero (Zamora): Proyecto de José Eugenio Ribera (1897), fue construido por Duro-Felguera (1914) 487
- 10.18. Puente de vigas en celosía de las Mellizas (1863): Sobre el río Guadalhorce en la carretera de Málaga a Cádiz, el proyecto es del ingeniero Pablo de Alzola y Minondo. (Fuente: VV. AA., *Puentes de hierro*, 1878b) 490
- 10.19. Viaducto de Ormáiztegui sobre el río Estando (Guipúzcoa) en la línea Madrid-Hendaya (1863): Proyectado por Alexander Lavelley, la realización es de la Société de Construction des Batignolles de París. (En el vol. iv, fig. 9.25, p. 557, se reproduce el conocido óleo de Darío de Regoyos, 1896) 491
- 10.20. Puentes de vigas: 1) de alma llena de Lora del Río, sobre el Guadalquivir, en la línea de ferrocarril de Córdoba a Sevilla (fot.: J. Martínez Sánchez); 2) en celosía, D. Álvaro, sobre el Guadiana, en Mérida, en la línea de ferrocarril de Ciudad Real

- a Badajoz. Empresa constructora M. Parent y Schaken, 1866 (fot.: J. Laurent).
(Fuente: VV. AA., *Puentes de hierro*, 1878b)493
- 10.21. Viaductos: 1) Sobre el arroyo del Salado (Jaén), en la línea Linares-Almería.
Obra dirigida por Guerin, Basinski, Moreno Osorio y Acedo, inaugurada en 1899,
fue construida por la empresa francesa Fives-Lille; 2) Del Hacho sobre el río
Guadalhortuna (Granada), en la línea Linares-Almería. Construido por la empresa
francesa Fives-Lille, fue inaugurado en 1898; 3) Viaducto Pontevedra en Redondela.
Proyecto de Mariano Carderera, 1881. Estructura metálica fabricada por La Maquinista
Terrestre y Marítima495
- 11.1. Máquina de vapor de doble efecto, en Franz Reuleaux, *Tratado general
de mecánica* (1895)502
- 11.2. *Curso industrial de Maquinaria* de Manuel María de Azofra (1838)519
- 11.3. Efectos dinámicos de las fuerzas en las máquinas. Tomo IV de la *Mecánica racional
e industrial* de José de Odriozola (1863)522
- 11.4. *Resumen de las lecciones del curso de construcción de máquinas* de C. Segundo
Montesino (1853): Portada del tomo primero y láminas525
- 11.5. *Resumen de las lecciones del curso de construcción de máquinas* de C. Segundo
Montesino (1853): láminas XXII, XIV y XV527
- 11.6. *Tratado completo de maquinaria* de F. Arau (1848)528
- 11.7. *Manual del ingeniero* de N. Valdés (1859): láminas 9 y 11530
- 11.8. *Los mecanismos* de R. de Aranaz e Izaguirre (1889): Portada, figura 201 y lámina 8 ...532
- 11.9. *Apuntes de clase de Máquinas* de V. Garcini (1890): Portada, figuras 116-117
y lámina 10535
- 12.1. Láminas de los atlas correspondientes a la *Descripción de las máquinas de vapor*
de J. J. MARTÍNEZ Y TACÓN (1835) y a la *Breve idea de las máquinas de vapor* de
F. CHACÓN Y ORTA (ed. de 1859): 1) Máquina de balancín superior; 2) Máquina
de barra invertida553
- 12.2. Esquemas de los mecanismos para la transmisión del movimiento del émbolo al eje
propulsor o árbol (G. FERNÁNDEZ Y RODRÍGUEZ, 1879, pp. 46 y ss.; Atlas, lám. 1)556
- 12.3. Láminas de los atlas correspondientes al *Curso de máquinas de vapor* de
G. FERNÁNDEZ Y RODRÍGUEZ (1879) y al *Curso Teórico-práctico de máquinas de vapor*
de J. QUINTANA Y JUNCO y J. ORTIZ DE LA TORRE (1903): 1) «Máquina compuesta
o del sistema Woolf»; 2) Secciones, esquemas y diagramas diversos557
- 12.4. *Teoría y cálculo de las máquinas de vapor y de gas con arreglo a la termodinámica*,
de Gumersindo de VICUÑA (1872b): 1) Portada; 2) La «máquina del español Reinlein» ...563
- 12.5. *Explosiones de generadores de vapor*, de Guillermo J. de GUILLÉN GARCÍA (1895)570
- 12.6. Máquina de vapor de balancín superior, característica de la producción de Nuevo
Vulcano. Fotografía perteneciente al álbum de la *Exposición Catalana de 1877*583
- 12.7. Máquinas de vapor verticales con cilindro inferior de Alexander Hermanos.
(Fuente: publicidad en *Industria e Invenciones*, desde 1892 a 1905)585
- 12.8. Máquinas de vapor horizontales de La Maquinista Terrestre y Marítima
(Fuente: C. CAMPS ARMET, 1889)587
- 12.9. Máquinas propulsoras del acorazado *Emperador Carlos V*, fabricadas por
La Maquinista Terrestre y Marítima (1896). (Fuente: *Mundo Naval*, 1 de mayo de 1897;
tomada a su vez de la revista *Engineering*). En la esquina superior izquierda, postal
coloreada con el buque en el puerto de Vigo589
- 12.10. *Máquinas de 2.600 caballos indicados con destino al cañonero de 1.ª clase Audaz*
(Portilla, White y C.ª, Sevilla, 1890). Álbum litografiado por Auto. Impr. L. Courtier,
43, rue Dunkerque, París. (Biblioteca de la ETSI Navales, UP de Madrid)591
- 12.11. Patente de invención: *Un regulador automático del vapor*. Fue solicitada el
23-III-1886 por Juan Mestres Viñals, residente en Sevilla (AHOEPM, expediente 5.717) ..592

- 12.12. Máquina semifija y locomóvil de Fundición La Primitiva Valenciana.
(Fuente: *La Academia: Semanario Ilustrado Universal*, t. IV, n.º 17,
7 de noviembre de 1878, pp. 262-263)593
- 12.13. Máquinas de vapor horizontales de alta presión y condensador, con regulador
automático y expansión variable, de pequeña potencia. 1) De Vda. e Hijos de R. Sales
(fuente: *Industria e Invenciones*, 5 de abril de 1890); 2) De Vda. e Hijo de Valero Cases
(fuente: *La Gaceta Industrial*, XX, 1884, pp. 56-58)595
- 12.14. Dibujos de máquinas de vapor con pistón rotativo: 1) Del privilegio real
de invención solicitado en 1858 por Valentín Silvestre Fombuena, residente en Madrid
(exp. 1.680, AHOEPM); 2) De la patente solicitada en 1880 por Pascual Yvars y Crespo,
residente en Jávea (exp. 1.007, AHOEPM)597
- 12.15. Motores de combustión externa e interna de Miguel Escuder: 1) Calórico vertical
(patente de invención 6.426, sol. noviembre 1886, AHOEPM); 2 y 3) Tipo Otto, ingenios
que empezó a construir bajo la patente de introducción 157, «Una máquina motor
a gas atmosférico sistema “Otto” horizontal» (sol. diciembre de 1878). (Fuentes: «Motor
sistema Escuder», *Industria e Invenciones*, julio de 1897; motor marca Ideal, de Miguel
Escuder e Hijos, *España Comercial e Industrial: Álbum Artístico*, 1902)601
- 12.16. Dos patentes de invención idénticamente tituladas: *Un nuevo motor de gas*:
1) Ingenio vertical de Bertrán Hermanos y Esteve, sol. en marzo de 1881. (Fuente:
AHOEPM, exp. 1.509); 2) Motor horizontal patentado por Bertrán Hermanos en
diciembre de 1883. (Fuente: AHOEPM, exp. 3.812); 3) Ilustración del motor anterior
en *Industria e Invenciones* (9 de febrero de 1884, p. 54); posteriormente esta misma
se reproducirá para ilustrar la voz *máquina de gas* en el *Diccionario general
de arquitectura e ingeniería* de P. CLAIRAC (h. 1890, vol. v, p. 138)607
- 12.17. *Un motor de gas*, patente de invención 1.810, solicitada por Francisco Bas.
(Fuente: AHOEPM)609
- 12.18. Motor de gas «sistema Torres»: 1) «La fig. 1 del plano representa una sección
transversal del motor y la fig. 2 un alzado, parte en corte, parte en vista», exp. 10.290,
AHOEPM, 1889; 2) «La tapa del motor objeto de la patente principal con la
modificación correspondiente a este certificado de adición», exp. 15.725,
AHOEPM, 1894; 3) Imagen publicitaria en *Industria e Invenciones* desde 1896
y durante varios años611
- 12.19. Diferentes disposiciones en motores de «gas detonante» multicilíndricos.
(Fuente: J. M.ª SAINZ, 1906, p. 133)613
- 13.1. J. ECHEGARAY: *Tratado elemental de Termodinámica*, Madrid, 1868: 1) Usando
diagramas presión-volumen define las «curvas térmicas de primera y de segunda clase»;
2) Echegaray demuestra que la forma de la función de la temperatura es
«independiente del agente físico que se emplee»639
- 13.2. F. DE PAULA ROJAS: *Termodinámica. Su historia, sus aplicaciones y su importancia*,
Barcelona, Luis Tasso, 1876: Explicación de la generalización del principio de Carnot
(segunda ley de la termodinámica) debida a Clausius645
- 14.1. Aparato médico de aplicaciones eléctricas: Servía para dar corrientes farádicas
y galvánicas. Fue fabricado por PRIETO, constructor de aparatos electromedicinales
e industriales, Barcelona. (Museu de la Ciència i la Tècnica de Catalunya)652
- 14.2. Cubierta del libro *Manipulaciones electrotípicas o tratado de galvanoplastia* (1844):
Traducción de la segunda edición de la versión francesa, original de Charles V. Walker.
(Biblioteca de Catalunya)653
- 14.3. Bobina de inducción o «carrete de Ruhmkorff»: G. VERDÚ, *Nuevas minas de guerra...*,
Madrid, 1854, detalle de la lámina 3 (arriba), y lámina 4. Es seguramente la más
antigua representación del aparato publicada en España. La lámina 4 incluye
también el despiece de la pila de Bunsen utilizada655

- 14.4. Lámpara de arco voltaico con regulador Deleuil y reflector parabólico, y serie de cinco pilas de Bunsen: «Sobre la luz eléctrica», *El Museo Universal*, 15-IV-1858. El aparato, con cincuenta de estas pilas, era utilizado por el autor del artículo, Eduardo Guillermo Torres, para producir un haz de luz657
- 14.5. Farola de arco voltaico en la plaza de la Armería del Palacio Real de Madrid: *La Ilustración*, 21-II-1852. Es probable que las pilas se alojaran en el interior de la plataforma sobre la que descansaba659
- 14.6. Disposición de las luces de arco voltaico en la hilatura de Hijos de Ricart, Manresa (1876). H. Fontaine, *Éclairage à l'électricité*, París, 1877, p. 141662
- 14.7. Francisco de Paula Rojas y Caballero Infante: 1) Montaje realizado con la primera dinamo Gramme construida en España por Dalmau bajo licencia (*Álbum de fotografías. Escuela de Ingenieros Industriales*, Barcelona, 1878, Fons Històric de Ciència i Tecnologia del mismo centro); 2) Portada del Cuaderno Primero de la serie denominada *Elementos de Electrodinámica Industrial* (1884 y ss.); 3) Portada y esquema del *Estudio Elemental Teórico-Práctico de las Máquinas Dinamo Eléctricas* (1887)665
- 14.8. El «Monte Helicon» iluminado con luz eléctrica en Madrid: *La Ilustración Española y Americana*, 30-V-1881, grabado a partir de una fotografía de Laurent666
- 14.9. Iluminación de una mina por el sistema de división de la luz de Molera y Cebrián: *La Llumenera de Nova York*, n.º 54, octubre de 1879670
- 14.10. Tomás José Dalmau i García e Isidor Cabanyes i Olzinelles: *La Ilustración Militar*, julio de 1882673
- 14.11. Iluminación eléctrica exterior y central provisional instalada en el Ministerio de la Guerra, Madrid (1882): *La Ilustración Española y Americana*, 22-VI y 8-VII-1882, respectivamente675
- 14.12. Plano de la patente de acumuladores eléctricos de Luis La Orden Otaolaurruchi y Enrique Bonnet Ballester (1883): AHOEPM, exp. P3782677
- 14.13. Central eléctrica de la Sociedad Matritense de Electricidad y dinamo *Gramme L5*: 1) Sala principal de la central «Reina Mercedes», instalada en los Jardines del Buen Retiro de Madrid en 1883, Las dinamos eran todas del tipo L5; 2) La dinamo Gramme L5 (*La Ciencia Eléctrica*, 1-VII-1890). La construía en Barcelona la Sociedad Española de Electricidad, cuyo ingeniero Narcís Xifra hizo algunas modificaciones en el diseño original, entre las que destaca la utilización de electroimanes planos679
- 14.14. Plano de la primera red eléctrica de Madrid, construida por la Sociedad Matritense de Electricidad: «L'industrie électrique en Espagne et au Portugal», *La Lumière Électrique*, 18-IV-1885681
- 14.15. *El Electricista* (Biblioteca de la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona)682
- 14.16. Planas, Flaquer y Cía.: 1) La central hidráulica de Gerona: Planta del molino y central eléctrica de la ciudad, donde se dispuso por primera vez en España, en 1886, una red de corriente alterna. El dibujo representa la instalación existente en 1891 (J. C. ALAYO, 2008, p. 115); 2) Anuncio de la sociedad en R. YESARES, *Anuario de Electricidad*, Madrid, 1901. Constituida en 1884, como continuación de otra anterior que inició su andadura en 1857687
- 14.17. Esquema de una primitiva instalación eléctrica de Zaragoza: *La Naturaleza*, 1895. Muestra la realizada en 1889 por la Compañía Aragonesa de Electricidad, con una línea bifásica a cuatro hilos; iba desde el molino hasta la central de la ciudad, donde dos motores accionaban sendas dinamos y convertían en continua la corriente alterna recibida689
- 14.18. Batería de pilas de dicromato potásico con circulación continua, debida a José Santiago Camacho (1875): *The Engineer*, 22-IX-1876690
- 14.19. Central de Sevilla: fue la segunda que construyó en España la empresa Allgemeine Elektrizitäts Gessellschaft (AEG) y se inauguró en 1896 con dos máquinas de vapor de 300 CV cada una (J. C. ALAYO, 2008, p. 895)691

- 15.1. La Auxiliar de la Industria. Vista general y planta del conjunto: 1) Dibujo ilustrativo del conjunto; 2) Planta del mismo, firmado por José Oriol Mestres el 28 de abril de 1869. (AHCB, Fondo gráfico, nº 5.659 y 5.660)699
- 15.2. Can Ricart: Conjunto fabril de carácter neoclásico proyectado por el arquitecto José Oriol Bernadet en 1853 y completado por José Fontseré entre 1860 y 1878. El dibujo superior, realizado por Antonio Castelucho en 1888, se publicó en *La Exposición* el 3 de mayo de 1887. Abajo, girado 180° para lectura en correspondencia con el dibujo, *Plano general de la fábrica de estampados de los señores Ricart y Compañía* (José Fontseré y Mestres, 1877)702
- 15.3. La España Industrial: Fundada en 1847 por los hermanos Muntadas. Las ilustraciones proceden de *La España Industrial: libro del centenario*, 1847-1947, Barcelona, Seix Barral, 1947. 1) Grabado publicado en *La Academia* el 23 de noviembre de 1878; 2) Distribución de la planta de la fábrica con los espacios productivos hacia 1929; 3) Vista fotográfica de la fábrica a principios del siglo xx708
- 15.4. La Maquinista Terrestre y Marítima: Fundada en 1855 e instalada en 1856 en el barrio de la Barceloneta, se mantuvo en el mismo lugar hasta el cierre de la producción en 1965. 1) Vista del conjunto según un grabado de Antonio Castelucho de 1856; 2) Plano de La Maquinista Terrestre y Marítima en 1886711
- 15.5. Fábrica Batlló Hermanos: Conjunto fabril de arquitectura ecléctica proyectado por el maestro de obras Rafael Guastavino y el ingeniero Alejandro Marly en 1870. 1) Vista del conjunto según un grabado de Agustín Rigalt de 1878; 2) Plano de distribución y función de las diferentes secciones hacia 1887 (R. GRAUS *et al.*, 2008, p. 338; está girado unos 90° a la izquierda con respecto a la vista superior)713
- 15.6. Destilería Folch y Albiñana: 1) Vista y detalle de la fachada principal, obra del arquitecto Antoni Costa; 2) Vista del salón de maquinaria y aparatos; 3) Planta del complejo en 1913, momento de máxima expansión de la empresa. (Fuente: *La Ilustración Española e Iberoamericana*, 1883)716
- 15.7. Fábrica Darder: Ambos planos fueron firmados por el ingeniero industrial Camilo Juliá. (AMCB, Q127, Obras mayores – Fomento, exp. 2089 bis C, 1869). 1) El estado de la fábrica en 1869; 2) La sección de calderas de vapor que se solicita legalizar719
- 15.8. Fábrica Tous: Plano firmado por el ingeniero industrial Gaspar Forcades. (AMCB, Q127, Obras mayores – Fomento, exp. 1.963 bis C, 11 de abril de 1898)721
- 15.9. Talleres de La Vanguardia: Plano de la planta realizado para solicitar los permisos de instalación de tres electromotores (de 4, 8 y 20 CV) y dos máquinas de imprimir en la casa propiedad de Ramón Godó en la calle de Pelayo (AMCB, Q 127, Obras mayores – Fomento, exp. 871, 1903). El proyecto, realizado por el ingeniero Enrique Cardellach, presenta una de las primeras instalaciones productivas accionadas con electricidad en Barcelona724
- 15.10. Dos chimeneas: 1) Corte longitudinal y planta de la chimenea de la Auxiliar de la Industria (1853-1855) (véase también la fig. 15.1); 2) Fotografía actual de la chimenea de la antigua fábrica de muñecas Lehmann. Este segundo conjunto fabril fue proyectado en 1891 por los ingenieros Juan Vigo, B. Giol y Benito Altayó726
- 15.11. Proyecto de la Fábrica y Fundición Pro^{dad} de los Sres. Meyerhoff Her^{mos}. Situado en Las Cors [sic] de Sarriá. 1) Emplazamiento general de la fábrica, plano de los bajos y fachada principal; 2) Sección de los alzados de la instalación en el cuarto de calderas; 3) Fachada posterior / Sección por el centro del cuarto de calderas. Bajo la rasante de calderas se encuentran la caldera, hervidores y cenicero730
- 16.1. Plano de Zaragoza del *Atlas de España y posesiones de ultramar* de Francisco Coello: El *Atlas* se elaboró para ilustrar el *Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de ultramar* de Pascual Madoz (1845-1850)748
- 16.2. Plano topográfico del Pla de Barcelona levantado por Ildefonso Cerdá en 1855 por encargo del gobernador civil Cirilo Franquet751

16.3. Panorama de la Puerta del Sol de Madrid antes de la reforma (Foto: Ch. Clifford, 1853. Archivo Ministerio de Fomento)	762
16.4. Proyecto de reforma de la Puerta del Sol (1859): La reforma de la Puerta del Sol es un exponente a escala española y madrileña del modelo de Haussmann en París. El proyecto reproducido es el que se llevó a la práctica, obra de los ingenieros Lucio del Valle, Juan Rivera y José Morer	763
16.5. Proyecto de viabilidad urbana y reforma de Madrid de Ildefonso Cerdá (1861): 1) Portada del proyecto de reforma; 2) Plano con el trazado. Se trata de una propuesta que no llegó a ser aprobada al no ser reconocida como encargo	766
16.6. Portada de la <i>Teoría general de la urbanización y aplicación de sus principios y doctrinas a la reforma y ensanche de Barcelona</i> , de Ildefonso Cerdá (1859)	769
16.7. Propuesta del ensanche de Barcelona de Ildefonso Cerdá (1859): La propuesta fue aprobada por el Ministerio de Fomento, mientras que el Ayuntamiento de la Ciudad Condal premiaba el proyecto más arquitectónico de Antoni Rovira. (Un plano análogo, sin la propuesta del ensanche, se reproduce en la fig. 2.15 de este mismo volumen) ...	772
16.8. Construcción de la Gran Vía: Barcelona (Arxiu Fotogràfic de l'Arxiu Històric de la ciutat)	774
16.9. Anteproyecto del ensanche de Madrid de Carlos María de Castro (1860): A diferencia del de Barcelona, la propuesta de ensanche de Castro para Madrid lo encerraba en el recinto de un foso; además, diferenciaba en él una zona aristocrática y burguesa, el barrio de Salamanca, y otra popular e industrial, al sur. Del plan de Castro solo perduraron los trazados de las calles	776
A.1. «Sala de Bibujo [sic] industrial y de proyectos, capaz para cien alumnos», del <i>Álbum de la Escuela de Ingenieros Industriales de Barcelona</i> , 1878 (v. la ilustración 6.4 del vol. v de esta misma colección; fot.: Juan Martí; adapt.: MSS)	793
A.2. Portada del álbum. Con signatura 378.6 «18» ESC, comprende doce dibujos que representan máquinas y una que describe un proyecto de riego. Las dimensiones exteriores son 47,5 × 61,0 cm (las interiores, 45,3 × 60,2). Fons Antic de la Biblioteca de l'ETSE Industrials de Barcelona (fot.: MSS)	803
A.3. Preparación e ingreso	803
A.4. Clase de proyectos	804
A.5. Lámina 1	804
A.6. Lámina 2	805
A.7. Lámina 3	805
A.8. Lámina 4	806
A.9. Lámina 5	806
A.10. Lámina 6	807
A.11. Lámina 7	807
A.12. Lámina 8	808
A.13. Lámina 9	808
A.14. Lámina 10	809
A.15. Lámina 11	809
A.16. Lámina 12	810
A.17. Lámina 13	810

ÍNDICE DE CUADROS

1.1. Principales procedimientos de formación de tecnicismos en español, ilustrados con ejemplos del léxico de la ciencia y de la técnica del Ochocientos	84
2.1. Despliegue de la serie de mapas y planos topográfico-catastrales, 1859-1869: desde el levantamiento de las hojas kilométricas hasta el mapa topográfico general. (Fuente: J. I. MURO, 2007b)	156
6.1. Las matemáticas en los planes de estudios de las academias militares, 1803-1804	307
6.2. Estudios de la Escuela Preparatoria (R. D. de 6 de noviembre de 1848)	315
6.3. Las matemáticas en los planes de estudios de enseñanza militar de ingenieros (1839) y artilleros (1840)	318
6.4. Grado de licenciado en Ciencias Físico-Matemáticas (plan de 1857)	321
6.5. Asignaturas que se habían de cursar en la Facultad de Ciencias (R. D. de 20 de septiembre de 1858)	323
6.6. Asignaturas de matemáticas en los planes de estudios de ingeniería (1859-1867)	324
6.7. Estudios de la Escuela General Preparatoria (R. D. de 11 de septiembre de 1886)	331
6.8. Materias del examen de ingreso (R. D. de 25 de mayo de 1877, junto a otras disposiciones legales del período 1875-1880)	332
6.9. Asignaturas del curso preparatorio para escuelas de ingeniería civil (1879-1886)	333
6.10. Contenidos del examen de ingreso o del plan de estudios (1892-1900)	334
6.11. Las matemáticas en los planes de estudios de las academias militares, 1875-1878	337
6.12. Producción matemática debida a autores militares en el último cuarto del siglo XIX	339
6.13. Ingenieros civiles, militares y artilleros en la modernización de la matemática española del siglo XIX: algunas obras de relevancia	341
7.1. Propuestas para la unificación de pesos y medidas (1800-1849)	352
7.2. Proyecto de unificación de pesos y medidas presentado a las Cortes por Vicente Vázquez Queipo en 1847	354
7.3. Clasificación temática de los textos sobre el sistema métrico decimal (J. V. AZNAR GARCÍA, 1997)	364
7.4. Vinculación profesional de los autores identificados y número de textos que publicaron sobre el sistema métrico decimal (J. V. AZNAR GARCÍA, 1997)	365
7.5. Lugares de edición de la bibliografía española sobre el sistema métrico decimal (J. V. AZNAR GARCÍA, 1997)	367
12.1. Comparación de rendimientos totales debida al ingeniero de la Crossley Arthur VENNELL COSTER («Marine gas propulsion in relation to imperial commerce and defence», <i>The Engineer</i> , February 15, 1907). (Fuente: R. ESTRADA Y A. MAGAZ, 1908, p. 345)	560
12.2. «Comparación de los coeficientes económicos», según G. DE VICUÑA (1872b)	564
12.3. Valores medios del coeficiente económico, admitido para las máquinas térmicas. (C. SÁNCHEZ PASTORFIDO, 1905, p. 68)	565
12.4. Distribución y relevancia de las patentes sobre máquinas térmicas en España, 1826-1914. (Fuente: reelaboración sobre la base de R. R. AMENGUAL, 2004; R. R. AMENGUAL Y P. SAIZ, 2007)	578
12.5. Patentes en España (1826-1914) sobre máquinas térmicas según el país de residencia del solicitante. (Fuente: R. R. AMENGUAL, 2004; R. R. AMENGUAL Y P. SAIZ, 2007)	579
12.6. Patentes sobre máquinas térmicas en España, 1826-1914, por residentes, según comunidades autónomas. Del total de 229 patentes existentes, para 37 se desconoce la provincia de residencia del solicitante, por lo que lo reflejado en la tabla concierne a 192 casos. (Fuente: R. R. AMENGUAL, 2004; R. R. AMENGUAL Y P. SAIZ, 2007)	580

12.7. Los principales fabricantes españoles de máquinas de vapor. (Fuente: reelaboración a partir de J. M. ^a ORTIZ-VILLAJOS, 2008, p. 181)	581
12.8. Resumen sobre las máquinas de vapor fijas construidas por La Maquinista Terrestre y Marítima. Elaborado sintetizando el cuadro 1 en J. NADAL (1999, p. 125), obtenido a su vez del <i>Libro de registro de las máquinas de vapor construidas por La Maquinista</i> ...	588
14.1. Empresas eléctricas y fecha de fundación en capitales de provincia	680
14.2. Capitales provinciales con electricidad en 1890, y año de las primeras instalaciones, permanentes o transitorias	688
14.3. Centrales eléctricas en funcionamiento en España, en 1901	693
14.4. Evolución de la potencia instalada en centrales eléctricas en España	694
16.1. Algunas disposiciones legales o hitos relevantes sobre planes urbanísticos	756

ÍNDICE

Presentación: El siglo del vapor y de la electricidad ... y de otras muchas cosas además <i>Manuel Silva Suárez</i>	7
0.I. Del saber hacer y del saber: técnicas y ciencias de la ingeniería	11
0.I.1. Del metal a la máquina de vapor y al motor de gas	12
0.I.1.1. Máquinas de vapor, termodinámica y automática	14
0.I.1.2. Con la máquina de vapor como telón de fondo: dos visiones sobre la ingeniería y la ciencia	20
0.I.1.3. Una perspectiva complementaria: la de un reputado constructor de motores de combustión interna	23
0.I.2. Del metal a la estructura: la construcción con hierro	24
0.II. La fábrica: procesos productivos, instalaciones y edificios	36
0.II.1. Breve <i>excursus</i> previo, con base lexicográfica y organizativa	38
0.II.2. De la herencia ilustrada en la arquitectura fabril	43
0.II.3. Apunte sobre la arquitectura fabril decimonónica	46
0.II.3.1. Entre pisos y naves	46
0.II.3.2. De la función y el hormigón	53
0.II.4. Ampliando sintéticamente la perspectiva: patrimonio y arqueología industrial	57
0.III. Una perspectiva del volumen	61
1. Lengua, ciencia y técnica	
<i>Cecilio Garriga Escribano y Francesc Rodríguez Ortiz</i>	81
1.I. Ideas acerca de la lengua de la ciencia y de la técnica: la formación de los tecnicismos	82
1.I.1. Las ideas sobre la lengua de la ciencia	82
1.I.2. La formación de los tecnicismos	82
1.I.2.1. Creación de un término nuevo	83
1.I.2.2. Ampliación del significado de un término ya existente	85
1.I.2.3. Préstamo de un término de otra lengua	86
1.II. El debate sobre la lengua de la ciencia y de la técnica	87
1.II.1. La Academia	87
1.II.2. Esteban de Terreros	88
1.II.3. Época de traducciones	89
1.III. El siglo XIX: primera mitad	91
1.III.1. La parálisis de la Real Academia	91
1.III.2. Los diccionarios de autor: Salvá, Domínguez, Gaspar y Roig	93
1.III.3. Un ejemplo de léxico técnico: el ferrocarril	94
1.III.4. Un segundo ejemplo de léxico técnico: la química	99
1.III.5. Un tercer ejemplo de léxico técnico: la electricidad	102

1.IV. El siglo XIX: segunda mitad	104
1.IV.1. La reacción de la Real Academia: 1884	104
1.IV.2. Los diccionarios especializados	105
1.IV.3. El <i>Diccionario General de Arquitectura é Ingeniería</i> de Clairac	108
1.IV.4. El Congreso Literario Hispano-Americano de 1892	110
1.IV.5. El <i>Diccionario Enciclopédico Hispano-Americano</i>	112
Bibliografía	113
2. Cartografía e ingeniería	
<i>José Ignacio Muro Morales y Vicente Casals Costa</i>	121
2.I. La búsqueda de la uniformidad en el lenguaje de los mapas	122
2.I.1. El sueño racional de la uniformidad del lenguaje cartográfico	122
2.I.2. El déficit de la cartografía de base: proyectos y realidades	125
2.I.3. Un «lenguaje topográfico para todos». De la rectificación de la <i>Carta geográfica</i> al <i>Mapa de España</i>	128
2.I.4. Geodesia, medición del territorio y mapa topográfico	130
2.II. Las minas, los montes y el lenguaje cartográfico	133
2.II.1. En la estela de Humboldt	135
2.II.2. Medir, catalogar, representar	138
2.II.3. La ingeniería de montes y las nuevas técnicas de representación cartográfica	142
2.III. Las cartas itinerarias y la planimetría de proyectos en la ingeniería	147
2.III.1. La <i>Carta itineraria</i> y la cartografía de obras públicas	147
2.III.2. Las obras públicas y su cartografía	149
2.IV. Planos geométricos para las ciudades y el espacio rural	153
2.IV.1. Los planos de los geómetras, el catastro y la agrimensura	153
2.IV.2. Los planos para el espacio urbano	157
2.IV.3. Planimetría para el ensanche	159
2.IV.4. El interés militar en los planos de ciudades	161
2.V. Conclusiones	163
Bibliografía	165
3. El dibujo de la arquitectura y las obras públicas	
<i>Javier Ortega Vidal</i>	171
3.I. El dibujo de la arquitectura y las obras públicas en la España de 1800	172
3.II. El dibujo en la primera mitad del siglo XIX	177
3.II.1. Los avances teóricos y las instituciones docentes específicas	177
3.II.2. Otros ámbitos de aplicación del dibujo en España	182
3.II.3. El desarrollo específico del levantamiento: el territorio, la ciudad y el patrimonio edificado	186
3.II.4. Aspectos instrumentales sobre la producción y edición del dibujo	190
3.III. El dibujo en la segunda mitad del siglo XIX	192
3.III.1. Evolución de las instituciones: el dibujo, entre la formación, las atribuciones y las publicaciones	193

3.III.2. El nuevo marco del urbanismo	197
3.III.3. Los nuevos temas y materiales	201
3.III.4. El registro gráfico y la intervención en el patrimonio	203
3.III.5. Las técnicas y los recursos del dibujo al final del siglo	206
Bibliografía	210
4. El dibujo de máquinas: sistematización de un lenguaje gráfico	
<i>Patricia Zulueta Pérez</i>	213
4.I. Una aproximación al análisis gráfico: el dibujo de máquinas	214
4.II. Antecedentes en la representación	215
4.III. Apuntes sobre el dibujo de máquinas en el siglo XIX	218
4.IV. La nueva sistematización geométrica	219
4.IV.1. La geometría reglamentada por Monge	220
4.IV.2. Las perspectivas paralelas	223
4.IV.3. El uso de la sombra	227
4.V. La codificación de los aspectos formales	229
4.V.1. La visión del interior de las máquinas	230
4.V.2. La autoridad de la línea y la utilización del color en los planos y dibujos. Las texturas gráficas	232
4.V.3. Presencia del lenguaje alfanumérico. El proceso de acotación	236
4.V.4. Representación de elementos mecánicos: de la esquematización a la normalización	239
4.VI. Las técnicas gráficas y los medios materiales	242
4.VII. Consideraciones finales	247
Bibliografía	250
5. Debates sobre el papel de las matemáticas en la formación de los ingenieros civiles decimonónicos	
<i>Guillermo Lusa Monforte</i>	255
5.I. Las matemáticas como pretexto en la lucha por la hegemonía: Los ingenieros de Caminos	257
5.I.1. Los ingenieros de Caminos defienden la autosuficiencia científica de la Escuela	258
5.I.2. Polémicas finiseculares sobre el examen de ingreso	263
5.II. Las matemáticas como indicador para determinar el equilibrio entre el «teoricismo» y el «practicismo»: Los ingenieros industriales	267
5.III. Algunos debates en la arquitectura y en otros campos de la ingeniería	271
5.III.1. En torno al papel de las matemáticas en la formación de los arquitectos	271
5.III.2. La formación matemática de los ingenieros de Montes	273
5.III.3. Ingeniería de Minas: escasos pronunciamientos sobre política educativa	276
5.III.4. Las matemáticas y los telegrafistas	278
5.IV. Nuevo siglo: debate universal acerca de la formación matemática del ingeniero	280
5.IV.1. Artículos en la <i>ROP</i> y conferencias en el Instituto de Ingenieros Civiles	282

5.IV.1.1. Gaztelu: las matemáticas para aprender a mandar	283
5.IV.1.2. Machimbarrena: «¡Basta de matemáticas!»	287
5.IV.2. La polémica de José Serrat Bonastre con José de Igual (1908)	289
5.IV.3. Cierre con siete llaves al sepulcro de la Polytechnique: el discurso de André Pelletan	293
Bibliografía	296
6. La formación matemática en la ingeniería	
<i>Fernando Vea Muniesa y M.^a Ángeles Velamazán Gimeno</i>	299
6.I. El primer tercio del siglo XIX (1800-1833)	302
6.I.1. Las matemáticas en la universidad	302
6.I.2. Las matemáticas en la formación técnica	304
6.I.3. Las matemáticas en las academias militares	306
6.II. Los liberales llegan al poder (1833-1857)	311
6.II.1. Las matemáticas en la universidad	311
6.II.2. Las matemáticas en la formación de los ingenieros	312
6.II.3. Las matemáticas en las academias militares	317
6.III. De la Ley Moyano a la Restauración (1857-1874)	320
6.III.1. La Facultad de Ciencias	320
6.III.2. La formación matemática de los ingenieros	323
6.III.3. Las matemáticas en las academias militares	328
6.IV. La Restauración borbónica (1874-1900)	330
6.IV.1. Las matemáticas en la Facultad de Ciencias	330
6.IV.2. La formación matemática de los ingenieros	331
6.IV.3. Las matemáticas en las academias militares	336
6.V. A modo de conclusión	339
Bibliografía	342
7. La unificación de los pesos y medidas. El sistema métrico decimal	
<i>José Vicente Aznar García</i>	345
7.I. Una nueva medida universal	345
7.II. La unificación de los pesos y medidas de 1801	347
7.III. Las etapas	349
7.IV. Las propuestas para la unificación	350
7.V. La Ley de Pesos y Medidas de 19 de julio de 1849	355
7.VI. La Comisión de Pesos y Medidas	358
7.VII. Los primeros aplazamientos y el problema de la industria metrológica	361
7.VIII. La polémica sobre el sistema métrico decimal	362
7.IX. La enseñanza de los nuevos pesos y medidas	364
7.X. Una nueva época para el sistema métrico decimal	366
7.XI. El sistema métrico decimal, obligatorio en España	370
7.XII. El Decreto de 14 de febrero de 1879 y el impulso definitivo	373
7.XIII. Las nuevas definiciones del metro	375
Bibliografía	377

8. Mecánica de medios continuos y teoría de estructuras	
<i>Alberto Fraile y Enrique Alarcón</i>	381
8.I. La herencia histórica	384
8.II. La evolución en Europa	388
8.III. El caso español	391
Bibliografía	409
9. La construcción y los materiales metálicos	
<i>Javier Manterola Armisén</i>	415
9.I. Materiales resistentes	416
9.I.1. Tres modalidades de productos siderúrgicos: la fundición, el hierro dulce o maleable y el acero	416
9.I.2. Apunte sobre precios y perfiles de los materiales metálicos	417
9.I.3. Los cerramientos de vidrio	418
9.II. Teorías y conocimientos científicos	419
9.III. Estética	426
9.IV. Ejemplos españoles	430
9.IV.1. Estaciones de ferrocarril	430
9.IV.2. Mercados	436
9.IV.2.1. Mercados de Madrid	436
9.IV.2.2. Mercados de Barcelona	439
9.IV.2.3. Mercado de Valencia	443
9.IV.3. Grandes invernaderos: El Palacio de Cristal	444
9.IV.4. Faros	448
9.V. Algunas consideraciones finales	449
Bibliografía	450
10. Los puentes: materiales, estructuras y patrimonio	
<i>Leonardo Fernández Troyano y Amaya Sáenz Sanz</i>	451
10.I. El mundo de los puentes en el siglo XIX	451
10.II. Los puentes de piedra y de madera	458
10.II.1. Puentes de piedra	458
10.II.2. Puentes de madera	463
10.III. Los puentes colgantes	466
10.IV. Los puentes metálicos	480
10.IV.1. Puentes arco metálicos	480
10.IV.2. Puentes viga metálicos	487
Bibliografía	497
11. La teoría de máquinas y mecanismos: desarrollo y difusión de una nueva ciencia	
<i>Juan Ignacio Cuadrado Iglesias y Emilio Bautista Paz</i>	499
11.I. La ciencia de las máquinas y su lenguaje	499
11.II. El desarrollo de la ciencia de las máquinas	501
11.II.1. La teoría de máquinas	504
11.II.1.1. Las máquinas en movimiento	505

11.II.1.2.	La transmisión de energía	506
11.II.1.3.	Las partes de la máquina	507
11.II.1.4.	La comparación entre los efectos de las máquinas: el trabajo	507
11.II.1.5.	La moneda mecánica	509
11.II.1.6.	La complejidad del mundo real: la mecánica aplicada	509
11.II.1.7.	La mecánica experimental	510
11.II.1.8.	La mecánica industrial	511
11.II.2.	La teoría de mecanismos	511
11.II.2.1.	La selección de mecanismos	512
11.II.2.2.	La importancia de la geometría	513
11.II.3.	La construcción de máquinas	514
11.II.4.	La creación de una ciencia de las máquinas y su evolución hasta el final del siglo	515
11.II.4.1.	La teoría de máquinas y mecanismos	516
11.II.4.2.	La síntesis de mecanismos	516
11.II.4.3.	Los nuevos métodos pedagógicos	517
11.II.4.4.	Hacia la universalización	517
11.III.	La ciencia de las máquinas en España	517
11.III.1.	Los protagonistas	518
11.III.2.	La formación	534
11.III.3.	Las referencias bibliográficas	537
11.IV.	Conclusiones	538
	Tratados de referencia	538
	Referencias bibliográficas	541

12. De vapor y de gas: perspectivas sobre los motores de combustión

	<i>Manuel Silva Suárez</i>	543
12.I.	Un intento de perspectiva dual: de libros e innovación	544
12.II.	Los motores térmicos en los textos españoles	547
12.II.1.	Los textos de la Marina	548
12.II.2.	Textos de máquinas térmicas y termodinámica	561
12.II.3.	Otras monografías	567
12.II.4.	Las máquinas térmicas en obras de más amplio espectro	571
12.III.	Entre inventores y constructores	576
12.III.1.	Aproximación cuantitativa preliminar	577
12.III.2.	Las máquinas de vapor alternativas	580
12.III.2.1.	Los cuatro grandes, patentes y otros ingredientes	580
12.III.2.2.	Otros constructores	590
12.III.3.	Las máquinas de vapor rotativas: precedentes de las turbomáquinas	596
12.III.4.	Los motores de aire caliente	598
12.III.5.	Los motores de combustión interna	602
12.III.5.1.	Sin compresión previa	602
12.III.5.2.	Con compresión previa	604
12.IV.	A modo de conclusión	613
	Bibliografía	616

13. La termodinámica: las definiciones de una nueva disciplina científica desde la física matemática	
<i>Stefan Pohl Valero</i>	621
13.I. La debilidad institucional de la física teórica y aplicada	624
13.II. La «categoría» teórica de la termodinámica	630
13.III. La enseñanza de la termodinámica	640
Bibliografía	646
14. La introducción de la técnica eléctrica	
<i>Joan Carles Alayo i Manubens y Jesús Sánchez Miñana</i>	649
14.I. Las primeras aplicaciones: electroterapia, galvanoplastia y voladuras	650
14.II. Arco voltaico: el asombro de la luz eléctrica	656
14.III. Un gran avance: los generadores rotatorios	660
14.IV. La división de la luz eléctrica	667
14.V. Las primeras fábricas de luz	672
14.VI. La electricidad se extiende	678
14.VII. La tecnología eléctrica de finales del siglo XIX	683
14.VIII. España se electrifica	686
14.IX. Conclusión	694
Bibliografía	695
15. La construcción de los espacios industriales: el caso de Barcelona	
<i>Mercedes Tatjer</i>	697
15.I. Fábricas, redes territoriales y paisaje	698
15.I.1. El paisaje industrial	698
15.I.2. Permanencia y transformación de los espacios fabriles	700
15.II. La fábrica como objeto de proyectación y de estudio	701
15.III. Las diversas tipologías de los espacios fabriles	707
15.III.1. Los grandes recintos industriales barceloneses	707
15.III.2. Las fábricas	718
15.III.3. Las naves y otros pequeños conjuntos fabriles	724
15.IV. Los ingenieros en las fábricas barcelonesas	727
15.IV.1. La organización y la dirección técnica de los espacios fabriles	727
15.IV.2. Los ingenieros industriales en la instalación de sistemas energéticos	729
15.V. Conclusiones	732
Bibliografía	733
16. La ciudad: teoría y prácticas en la construcción de la ciudad burguesa	
<i>Josefina Gómez Mendoza</i>	741
16.I. Precocidad y singularidad de la teoría urbana española del Ochocientos	741
16.II. Los técnicos en la ciudad	745
16.II.1. Cartografiar la ciudad para ordenarla: de la tira de cuerdas al plan de remodelación	745

16.II.2.	El enfrentamiento entre arquitectos e ingenieros civiles, trasunto de la competencia entre los ministerios de Gobernación y Fomento, pero no solo	752
16.III.	La reforma interior de las ciudades: razones, doctrinas y bloqueos	757
16.III.1.	La Junta Consultiva de Policía Urbana: bases del urbanismo y respeto de las condiciones locales	757
16.III.2.	La reforma de la Puerta del Sol: obra tutelada por el Gobierno y triunfo del urbanismo de la circulación en la ciudad burguesa	760
16.IV.	El urbanismo de ensanche	764
16.IV.1.	Las bases teóricas: circulación e higiene e interés general	764
16.IV.2.	Los ensanches: analogías y diferencias. Desvirtuación de los mecanismos	770
16.V.	Los problemas de la ciudad finisecular	777
16.V.1.	El retorno a la reforma interior y los problemas de saneamiento	777
16.V.2.	La Junta Consultiva de Urbanización y Obras y la situación urbana finisecular según los técnicos municipales	779
	Bibliografía	784
Anexo: Un álbum de dibujos de máquinas presentado en la Exposición Universal de Viena de 1873		
	<i>Guillermo Lusa Monforte y Manuel Silva Suárez</i>	789
A.I.	Las exposiciones internacionales y la Escuela en esas décadas	790
A.II.	El profesor y los alumnos que elaboraron el álbum	792
A.III.	El Álbum	794
A.III.1.	«Los tipos de motores adoptados por las principales casas constructoras de Cataluña»	794
A.III.2.	«Copiados del natural por los alumnos de la clase de proyectos»	798
	Transcripciones	801
	Índice de ilustraciones	811
	Índice de cuadros	823