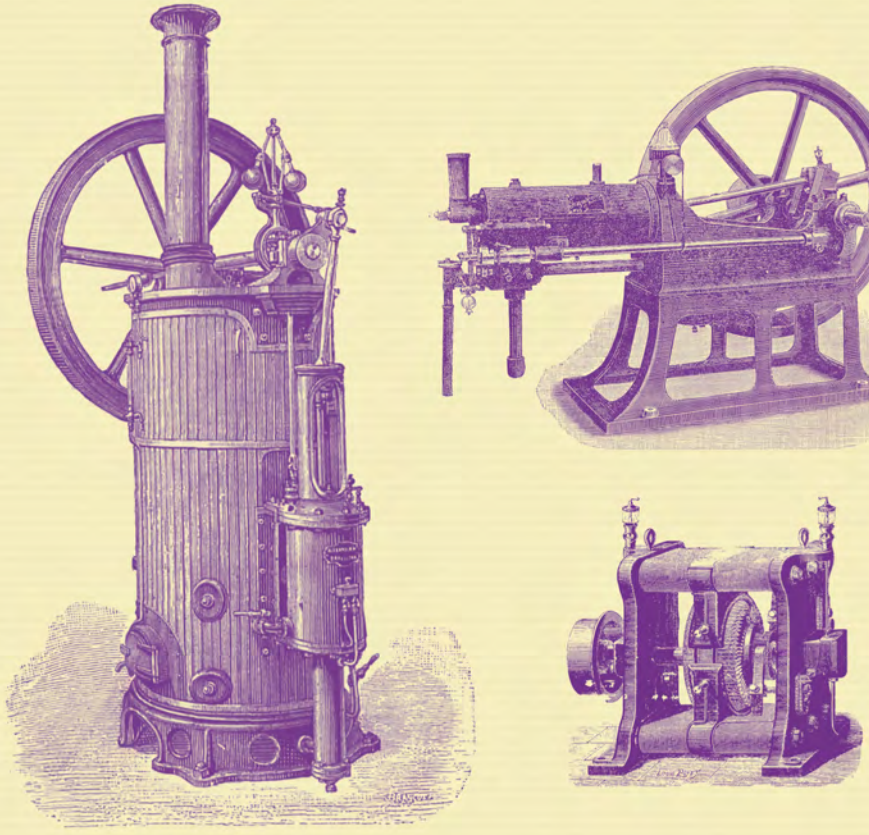
MANUEL SILVA SUÁREZ, ed.

TÉCNICA E INGENIERÍA EN ESPAÑA VI

EL OCHOCIENTOS

De los lenguajes al patrimonio



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

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

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 semifija 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: *La maquinaria moderna*, 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: *Diccionario industrial. Artes y oficios de Europa y América*, 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 *Los cuatro libros de arquitectura* (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: *Manual del ingeniero y arquitecto*, Madrid, Impr. de Gabriel de Aranda, 1870); 2) Ensambles especiales (fuente: A. Rovira y Rabassa: *El hierro, sus cortes y enlaces*, 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: *Puentes metálicos*, Barcelona, Impr. Elzeviriana de Borrás y Mestres, 1909); 2) Aplicación del método Cremona a una viga Warren (fuente: L. Gaztelu: *Cálculos de estabilidad de los puentes: exposición elemental*, 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 *a la inglesa* fundado en 1847 por Manuel Agustín Heredia. (Fuente: Grabado de *El Guadalhorce*, y fotografía post. a 1904) 50
0.8. Averly (Zaragoza), fábrica *moderna* del sector metalmecánico (1880): 1) Plano autógrafo de Antonio Averly (1879); 2) Grabado (h. 1905); 3) Salida de la fábrica (h. 1905); 4) Turbina hidráulica (fuente: J. Igual: *Saltos de agua. Motores e instalaciones hidráulicas*, 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, *sistema Hennebique*. (Fuente: Archivo Foral de Vizcaya) 58
0.10. *Plano detallado de la Fábrica de Hierros de El Pedroso. Proyecto de reforma* (Archivo Municipal de El Pedroso, esc. 1:200, ms., 132 × 102 cm, h. 1910-1912) (fot.: MSS y desconocidos) 62
0.11. Diccionarios especializados y generales sobre léxico técnico: 1) *Vocabulario descriptivo de ferro-carriles* (M. Matallana, 1863); 2) *Diccionario general de Arquitectura é Ingeniería* (P. Clairac, 1891); 3) *Diccionario Industrial. Artes y oficios de Europa y América* (C. Camps, 1888-1892); 4) *Diccionario de electricidad y magnetismo y sus aplicaciones* (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: *Álbum Conmemorativo de su Primer Centenario, 19 Julio 1849 – 19 Julio 1949*, 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. 4 123
2.2. Fragmento de la hoja provincial de Barcelona del *Atlas de España y sus posesiones de Ultramar* de Francisco Coello 127
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. 6 129
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. 49 132
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 Río 134
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*, 1852 136
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 1882 141
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 1863 145
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 Catalunya 151
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 Cadastre 154
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 1848 158
2.15. Plano de los alrededores de la ciudad de Barcelona: proyecto de reforma y ensanche: Ildefonso Cerdà, 1861. Cartoteca del Institut Cartogràfic de Catalunya 159
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, fragmento 162

3.1. Ch. Riegger: *Tratado sobre arquitectura civil*, 1763: Láminas, grabadas por Juan Minguet 174
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, 1863 179

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 Retiro 181
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, 1822 183
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 puerto 185
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 Civil 189
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 1961 195
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 capilla 198
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 Mendívil Cuadra 202
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 dibujo 207
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.ª 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*, 1895 235
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, Hispaleto, 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 1892 356
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. La *Revista Métrica*, 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 Golbardo, Santander, diseñado por J. Eugenio Ribera (1900) 384
8.4. *Essai sur une application des règles de maximis & minimis à quelques problèmes de statique, relatifs à l'architecture*, por Charles-Augustin de Coulomb (presentación realizada en 1773), Mémoires de l'Académie Royale des Sciences, vol. 7, París, 1776 ... 387
8.5. *Estudio sobre la resistencia y estabilidad de los edificios sometidos a huracanes y terremotos*, 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: *Nueva Teórica sobre el empuje de la bóvedas*, Madrid, 1808; 2) Ch. Dupin: *Geometría y mecánica de las artes y oficios*, 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, *Teoría Mecánica de las construcciones*, 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 *Lecciones de resistencia de materiales*, 1859; 2) Portada de las notas de clases *Lecciones de Mecánica Aplicada y de Hidráulica*, redactadas por varios alumnos de la promoción de 1859; y 3) Lámina de *Teoría de los puentes colgados*, Madrid, Imprenta Nacional, 1864 (2.ª ed.) 400
8.9. P. DE ALZOLA: *Teoría del cálculo de las vigas rectas*, 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 *Cálculo de estructuras* data ya de 1916 405
8.11. J. Echegaray: *Conferencias sobre física matemática*, 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 atirantada 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), 1888-1892 432
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 constructora 434
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 francesa 437
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 1875 438
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 transversales 440
9.15. Mercado de San Antonio de Barcelona (1888). Fue construido por La Maquinista Terrestre y Marítima 442
9.16. Mercado de la Boquería (o de San José) de Barcelona: Cubierta a dos aguas, sustentada por vigas en celosía transversales, de canto variable 443
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 crucero 444
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 esquinas 446
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 Arnodin 453
10.2. Puente de Isabel II sobre el río Guadalquivir, en Sevilla: Proyectado 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,* 1878*b*). (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 xix 457
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,* 1878*b*) 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,* 1878*b*) 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 Fundición de San Antonio, Narciso Bonaplata (Sevilla), 1842. (Ambas fotografías son de J. Laurent; fuente: VV. AA., *Puentes de hierro*, 1878*b*) 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,* 1878*a*). (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 Elissagüe) 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*, 1878*b*) 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*, 1878*b*) 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*, 1878*b*) 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 Marítima 495

11.1. Máquina de vapor de doble efecto, en Franz Reuleaux, *Tratado general de mecánica* (1895) 502
11.2. *Curso industrial* 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 láminas 525
11.5. *Resumen de las lecciones del curso de construcción de máquinas* de C. Segundo Montesino (1853): láminas XXII, XIV y XV 527
11.6. *Tratado completo de maquinaria* de F. Arau (1848) 528
11.7. *Manual del ingeniero* de N. Valdés (1859): láminas 9 y 11 530
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 10 535

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 invertida 553
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 diversos 557
12.4. *Teoría y cálculo de las máquinas de vapor y de gas con arreglo a la termodinámica*, de Gumersindo de Vicuña (1872*b*): 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 Vigo 589
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 años 611
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 Clausius 645

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 utilizada 655

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 luz 657
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 descansaba 659
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. 141 662
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 Tecnología 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 Laurent 666
14.9. Iluminación de una mina por el sistema de división de la luz de Molera y Cebrián: *La Llumanera de Nova York*, n.º 54, octubre de 1879 670
14.10. Tomás José Dalmau i García e Isidor Cabanyes i Olzinelles: *La Ilustración Militar*, julio de 1882 673
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, respectivamente 675
14.12. Plano de la patente de acumuladores eléctricos de Luis La Orden Otaolaurruchi y Enrique Bonnet Ballester (1883): AHOEPM, exp. P3782 677
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 planos 679
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-1885 681
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 1857 687
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 recibida 689
14.18. Batería de pilas de dicromato potásico con circulación continua, debida a José Santiago Camacho (1875): *The Engineer*, 22-IX-1876 690
14.19. Central de Sevilla: fue la segunda que construyó en España la empresa Allgemeine Elektricitäts 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 xx 708
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 1886 711
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 legalizar 719
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 Barcelona 724
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 Altayó 726
15.11. Proyecto de la Fábrica y Fundición Pro^{dad} de los Sres. Meyerhoff Her^{nos}. 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 cenicero 730

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 Franquet 751

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 *Teoría general de la urbanización y aplicación de sus principios y doctrinas a la reforma y ensanche de Barcelona,* 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 *Álbum de la Escuela de Ingenieros Industriales de Barcelona*, 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, 2007*b*) 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», *The Engineer*, February 15, 1907). (Fuente: R. Estrada y A. Magaz, 1908, p. 345) 560
12.2. «Comparación de los coeficientes económicos», según G. de Vicuña (1872*b*) 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 *Libro de registro de las máquinas de vapor construidas por La Maquinista* 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
Manuel Silva Suárez 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 *excursus* 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
Cecilio Garriga Escribano y Francesc Rodríguez Ortiz 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 *Diccionario General de Arquitectura é Ingeniería* de Clairac 108
1.IV.4. El Congreso Literario Hispano-Americano de 1892 110
1.IV.5. El *Diccionario Enciclopédico Hispano-Americano* 112
Bibliografía 113

2. Cartografía e ingeniería
José Ignacio Muro Morales y Vicente Casals Costa 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 *Carta geográfica* al *Mapa de España* 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 *Carta itineraria* 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
Javier Ortega Vidal 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
Patricia Zulueta Pérez 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
Guillermo Lusa Monforte 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 *ROP* 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
Fernando Vea Muniesa y M.ª Ángeles Velamazán Gimeno 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
José Vicente Aznar García 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
Alberto Fraile y Enrique Alarcón 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
Javier Manterola Armisén 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
Leonardo Fernández Troyano y Amaya Sáenz Sanz 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
Juan Ignacio Cuadrado Iglesias y Emilio Bautista Paz 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
Manuel Silva Suárez 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
Stefan Pohl Valero 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
Joan Carles Alayo i Manubens y Jesús Sánchez Miñana 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
Mercedes Tatjer 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

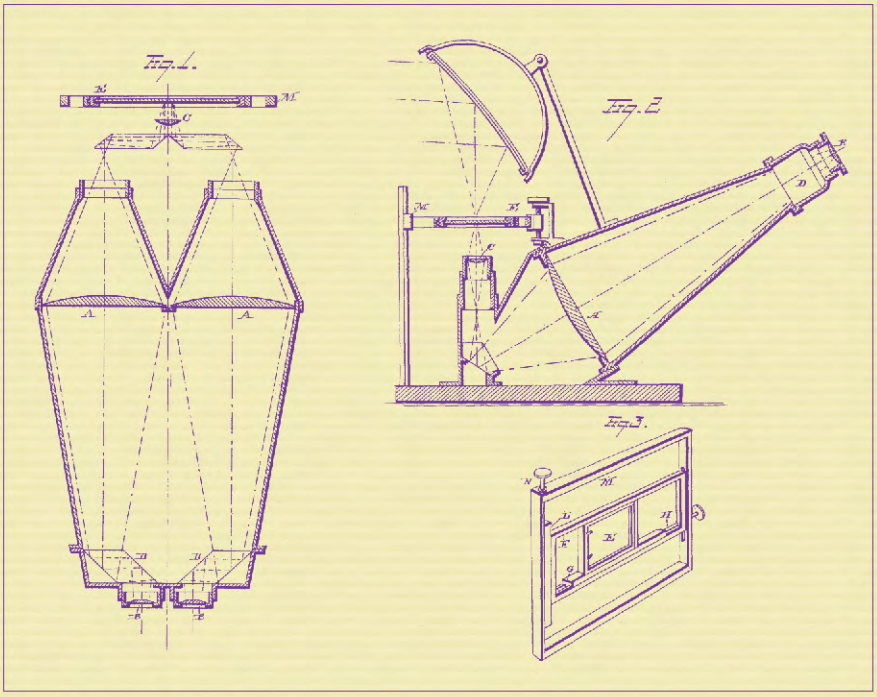
16. La ciudad: teoría y prácticas en la construcción de la ciudad burguesa
Josefina Gómez Mendoza 741
16.I. Precocidad y singularidad de la teoría urbana española del Ochocientos 741
16.II. Los técnicos en la ciudad 745
16.II.1. Cartografiar la ciudad para ordenarla: de la tira de cuerdas al plan de 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
Guillermo Lusa Monforte y Manuel Silva Suárez 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



INSTITUCIÓN FERNANDO EL CATÓLICO

DIPUTACIÓN DE ZARAGOZA

FECYT FUNDACIÓN ESPAÑOLA PARA LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN

GOBIERNO DE ARAGON
Departamento de Innovación y Nuevas Tecnologías