

## efemérides de la ingeniería – 2025

### [25 años]

**2000.** Miguel Ángel Losada Rodríguez (1947) lee su discurso de ingreso en la Real Academia de Ingeniería: *Ingeniería y conocimiento científico. Pasado, presente y futuro*.

Concluyen las obras del puente de Mundaiz (cuarto puente) sobre el río Urumea, con proyecto de JAFO y Martínez Calzón. "El tablero está peraltado con una leve curva que, unida a los ensanchamientos también curvos dispuestos en sus esquinas y a lo redondeado de sus bordes, consigue un efecto de apacible suavidad. Ello se manifiesta principalmente en las barandillas, diseñadas con un potente larguero inferior y un ancho pasamanos, unidos por chapas verticales muy finas, que producen una leve vibración al acompañarse a esas curvas. El puente tiene un cierto color dorado que le hace resplandecer bajo ciertas condiciones de luz y lo levanta de la masa del agua. El puente se hace presente como paisaje en la ciudad y consigue integrarse en su patrimonio monumental, sin protagonismo y en total sintonía con el aura de esa hermosa ciudad". Miguel Aguiló (*El carácter...*).

Se inaugura "the London Millennium Footbridge on 10 June". La autoría es múltiple: Ove Arup (engineers), Foster and Partners (architects) and Sir Anthony Caro (sculptor). El mismo día de la inauguración, "unexpected lateral movements occurred as pedestrians crossed the bridge. The lateral force exerted by pedestrians on the moving deck surface is found to be related to the movement". Tony Fitzpatrick, Main Board Director de Ove Arup Partnership, publicará en la Royal Academy of Engineering un extenso artículo en que defenderá que "the results show that the phenomenon is not related to the technical innovations of the bridge and that the same phenomenon could occur on any bridge with a lateral frequency below about 1.3Hz loaded with a sufficient number of pedestrians". El 22 de febrero de 2002 la pasarela volverá a abrirse al público tras una inversión de 5 millones de libras esterlinas (el presupuesto de ejecución había sido de 18,2 millones), gastados en "fluid-viscous dampers (energy dissipating) to control horizontal movement and mass dampers (inertial) to control vertical movement".

También en Inglaterra, en Greenwich, se inaugura el Millenium Dome. El *structural engineer* principal es William Ian Liddell (1938), un ex Ove Arup, que "has also been influential in the development of software that aids engineers in the analysis of lightweight tensile fabric structures"

### [50 años]

**1975.** Se aprueba el Decreto-Ley 9/1975, de 10 de julio, de Garantías para el funcionamiento institucional de la Universidad, que será "origen de un cambio en los Planes de Estudio de las Escuelas Técnicas Superiores", como afirma Jesús Fraile Mora en *Reseña histórica de*



las Escuelas de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos y de Obras Públicas). El plan de estudio de la Escuela de la Universidad Politécnica de Madrid se aprobará por Orden Ministerial, de 16 de septiembre de 1976 [en esta Escuela se conocerá como "Plan 1975"; en otras Escuelas, se conocerá como "Plan 1964 reformado o modificado, esto es, Plan 1964M"], y se cursarán seis cursos, existiendo a partir de 5º curso cuatro especialidades: "Cimientos y estructuras", "Transportes", "Urbanismo y Ordenación del Territorio", y "Hidráulica y Energética".

Se publica el primer libro de la Colección "Ciencias, Humanidades e Ingeniería" del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos: *Política hidráulica*, de Joaquín Costa. Detrás de esta aventura editorial estarán, entre otros, Juan Benet, Clemente Sáenz Ridruejo (1928-2006) y José Antonio Fernández Ordóñez. Por su parte, Carlos Fernández Casado publica un grueso e imprescindible volumen: *La arquitectura del ingeniero*, en cuya introducción escribe: "Las excursiones de los arquitectos por el campo de la Ingeniería han dado lugar a una arquitectura manierista, pero las de los ingenieros por el terreno de los arquitectos para competir en casillas de peones camineros, estaciones de ferrocarril o pequeñas iglesias han conducido siempre a arquitecturas trasnochadas".

Leonardo Fdez. Troyano. "Se termina el puente sobre la desembocadura del Loira entre Saint Nazaire y Saint Brevin, con 404 metros de luz, que fue nuevo récord de los puentes atirantados. Es un viaducto largo para una carretera de dos carriles, con unos tramos de acceso de vigas simplemente apoyadas de hormigón pretensado, y un tramo atirantado en el centro de tres vanos de 158+404+158 metros de luz, sin ninguna relación de homogeneidad entre los distintos tramos; tanto los distintos elementos por separado, como el conjunto, están peor resueltos que en el viaducto alemán [puente Köhlbrand, 1974]".

Después de catorce años de obras, el 22 de septiembre se inaugura el Palacio de Deportes de Oviedo, de Ildefonso Sánchez del Río: "La cubierta del Palacio de Deportes de Oviedo es una cubierta cilíndrica de cañón corrido, que está formada por tres láminas de directriz parabólica, onduladas y biarticuladas. La lámina central está formada por 8 arcos-onda de 7 metros de ancho y 100 metros de luz, que cubren la gran sala de deportes y las tribunas, y las dos láminas laterales, y simétricas, que están formadas por 2 arcos-onda de 7 metros de ancho y 90 metros de luz, articuladas en sus arranques y continuas en su clave. La cubierta cubre una planta sensiblemente cuadrada de 100 x 100 metros de lado, sin apoyos intermedios, dotada de luz natural a través de lucernarios verticales generados entre la lámina central y las dos laterales, debido a sus diferentes alturas. La percepción de su espacio interior transmite al espectador su indiscutible grandiosidad y ligereza", a juicio de Pepa Cassinello ("Las cubiertas de Sánchez del Río en el contexto internacional de la Arquitectura Moderna").



Acaban las obras del pabellón para la *Bundesgartenschau* [Exposición federal de jardinería] en Mannheim. Así describe Juan María Songel González (*Frei Otto y el Instituto de Estructuras Ligeras de Stuttgart*) la estructura: "Este pabellón consiste en dos grandes salas (sala multiuso y restaurante) conectadas por un paseo, dispuesto todo ello en una planta de curvas irregulares, con una cubierta única de celosía formada por listones continuos de madera, en la que se acoplan diferentes superficies curvas libres, de una malla cuadrada antifunicular. Entre las superficies hay varias zonas anticlásticas y un valle. La forma esencial antifunicular de la cubierta se obtuvo mediante una maqueta formada por una red catenaria suspendida de un borde libre. La construcción y el montaje se realizaron partiendo de la celosía ortogonal plana de malla cuadrada de 50 cm. de lado dejada sobre el suelo con todos los nudos articulados. A continuación se fue elevando la celosía mediante torres de andamios para que ésta fuera adoptando su forma tridimensional gracias a la flexibilidad de los listones de madera y a la libertad de giro en los nudos de la celosía. Una vez alcanzada la forma antifunicular los nudos se fijaron fuertemente y se realizaron las conexiones con los elementos de borde".

En el primer gobierno de Carlos Arias Navarro, de un total de veinte miembros, juran como ministros cinco ingenieros de caminos: Juan Miguel Villar Mir (1931) [vicepresidente tercero para Asuntos Económicos y ministro de Hacienda]; Virgilio Oñate Gil (1924-1987) [ministro de Agricultura]; Leopoldo Calvo-Sotelo y Bustelo (1926-2008) [ministro de Comercio]; Francisco Lozano Vicente (1922-2006) [ministro de la Vivienda]; Antonio Valdés González-Roldá (1926-2007) [ministro de Obras Públicas].

Up until the mid-1950s, the number of civilian engineers graduating from the *École des Ponts et Chaussées* had never reached more than thirty-five annually. By 1975, these had grown to 121. However, it was not only the number of students that changed. Aspiring engineers were also increasingly recruited from parts of the population that had not previously supplied technical personnel. In the context of French post-colonialist policies, schools had begun to admit foreign candidates, especially from Algeria-and Vietnam. [Annie Canel: *Maintaining the Walls: Women Engineers at the École Polytechnique Féminine and the Grand Écoles in France*].

When the first women began to graduate from the *École Polytechnique*, the Society of Mining and Civil Engineering gave a reception at which Francoise Giroud appeared as the guest of honor. In his welcoming address, the President of the engineering society expressed his concern with reference to women's 'natural' grace thus: 'We are currently worried about having female students around, for if, at this point in time, some "technocrats" are capable of combining both charm and competence, God!, where will we be going next?'



**[75 años]**

**1950.** Rafael Benjumea Burín (Conde de Guadalhorce) lee su discurso de ingreso en la Real Academia de Ciencias Morales y Políticas: *Proceso evolutivo del aprovechamiento de la riqueza hidráulica de España*.

Se aprueba la *Ley de Modernización de las Carreteras*: "El resultado de esta ley fue una modernización lenta, dispersa, discontinua, parcial y poco eficiente". Por aquellos años, éstas eran las características principales de la red, a juicio de Mercedes López García y Jorge Bernabeu Larena (*50 años construyendo el futuro. Ingeniería e infraestructuras en España 1955-2005*): "Curvas cerradas, falta de visibilidad, pendientes fuertes, complicada geometría con zigzag consecutivos, obras de fábrica estrechas o mal situadas, travesías de pueblos, pasos a nivel, y un largo etcétera, por no hablar del estado de su pavimento, lleno de baches y sus eternas reparaciones, con esa peculiar masa pegajosa y de olor penetrante que era el alquitrán, y esas extrañas y voluminosas máquinas, acompañadas de pequeñas brigadas de peones camineros ennegrecidos que salpicaban nuestras carreteras, dificultando aún más la circulación".

Para Miguel Aguiló (*La enjundia de las presas españolas*), "con sus 116 m de altura sobre cimientos en una cerrada en V que exige 284 m de coronación, la presa de la Cohilla no fue sólo la presa más alta de España sino que afirmó la supremacía de las bóvedas en cerradas no tan estrechas como las aprovechadas en Montejaque (1924) y Alloz (1930). Fue diseñada por Santiago Corral Pérez (1907- 1989) en una época de penuria y escasez de medios, pero con gran visión de la utilización de las posibilidades de las bóvedas. [...] La bóveda propiamente dicha tiene 93 m de altura y es simétrica, de doble curvatura con arcos circulares de espesor constante, salvo en los últimos 20 m más altos donde tienen directriz de cinco centros. Para lograr la simetría se construyó un estribo de gravedad en la margen derecha de 44 m de altura, reducido a sólo 8 m en el estribo izquierdo".

José Antonio Fernández Ordóñez (*Eugène Freyssinet*), después de situar entre 1850 y 1950 "la época de oro de la ingeniería moderna, la época que se abre con los audaces ingenieros románticos ingleses del siglo XIX y se cierra con Freyssinet", refiere un hecho relevante: "En 1950 aparece el ordenador, cuya influencia en la transformación de la ingeniería civil todavía es difícil de cuantificar, aunque evidentemente introduce una profunda alteración tanto en los planteamientos como en la propia práctica de las obras. El ordenador, unido a la importancia cada vez mayor de la maquinaria de construcción y de los procesos intermedios cada vez más complejos e industriales, así como de las continuas y cada vez mayores exigencias de la mano de obra, van a contribuir, a partir del final de la 2ª Guerra Mundial, a la aparición de una nueva ingeniería civil falta de imaginación y de amor al riesgo, manierista en sus formas,



conformista en sus objetivos técnicos, y sumisa a una oleada de normas cada vez más restrictivas y a unos presupuestos cada vez más controlados".

Por Juan Benet (*Otoño en Madrid hacia 1950*) sabemos que los ingenieros de caminos fueron los primeros en conseguir el nuevo DNI: "Un día –muy probablemente hacia 1950– la Dirección General de Seguridad, en su afán de tener más controlado al ciudadano, decidió suprimir la antigua Cédula e imponer con carácter obligatorio el Documento Nacional de Identidad donde además del nombre, la filiación y el domicilio, figuraría – para indignación de muchos– la huella dactilar del titular. Sólo eso bastaría para que muchos españoles se resistieran a sacar su DNI por lo que la DGS pronto tuvo que recurrir a las sanciones para que todo ciudadano tuviera su DNI en el bolsillo. Pero con nosotros no hubo que recurrir ni a las sanciones ni a las amenazas porque, obedientes como éramos, bastó una orden de la Secretaría de la Escuela para presentar toda la documentación en un local de la calle de Santa Engracia donde un funcionario tocado con un mandil nos recibió con los brazos abiertos, conmovido de nuestra buena disposición a obtener el DNI. A eso se debe que entre nosotros se den los números más bajos del DNI –de cinco dígitos y comenzados por uno–, tan bajos que el mío todavía levanta toda clase de suspicacias y en muchos locales me miran como a un superviviente de Filipinas. (Y de esa numeración he deducido que entonces el régimen, el famoso régimen, constaba de 10.000 personas, las únicas que pudieron sacar el carnet [con f] antes que las inocentes.)

Félix Candela crea "his own company, Cubiertas Ala, with his brother Antonio (a quantities surveyor) and sister Julia. Architects Fernando and Raúl Fernández Rangel, also partners at the outset, sold their shares in 1953. Cubiertas Ala was founded to roof industrial buildings with thin concrete shells, but in light of their early popularity, it soon began to build shells for all manner of buildings: housing, churches, restaurants, night clubs, petrol stations... Félix Candela presided Cubiertas Ala from its creation in 1950 until 1969 when he surrendered the reins to his brother Antonio, who ran the company until it closed in 1976".

Gustave Magnel (1889-1955) –que dos años antes había publicado *Le Béton Précontraint*, "which was immediately published in English, went through three British editions and was also later published in the United States"– construye "the first major prestressed concrete bridge in the United States [...], the Philadelphia's Walnut Lane Bridge. It contains three simply supported girders with a center clear span of 155 ft (47.3 m) and two end spans of 74 ft (22.6 m) each. The girders are I-shaped, 79 in. (2007 mm) deep with a 52 in. (1321 mm) wide top flange". Pero donde florece el pretensado de veras es en Alemania, como señala José Serna: "El creciente dominio de la nueva y prometedor técnica del hormigón pretensado fue liderado en estos primeros años, y en particular durante la década de los 50, por la ingeniería alemana, con Leonhardt y Finsterwalder a la cabeza, cuyas obras impulsaron una nueva generación de los puentes en hormigón. En este



periodo tan fértil desde un punto de vista ingenieril nacieron casi todos los procesos constructivos que hoy todavía enmarcan la construcción de los actuales puentes de hormigón y que, en general, muestran con respecto a los de entonces importantes avances cuantitativos, pero pocos cualitativos. Los puentes de Leonhardt empezaron a emplear la construcción sucesiva de diferentes tramos del puente, permitiendo la reutilización de cimbras y encofrados. Las compañías de pretensado desarrollaron rápidamente acopladores para dar continuidad a los cables en juntas de construcción situadas en puntos intermedios del tablero, sentando las bases de lo que hoy llamamos construcción vano a vano de las vigas continuas. Pero el verdadero salto en la luces llegaría, como antes había sucedido en las vigas metálicas, de la mano de los métodos que minimizaban los medios auxiliares necesarios durante la construcción y eliminaban así los importantes condicionantes técnicos y económicos que de ellos se derivaban, al tiempo que aumentaban la industrialización del proceso y permitían independizarlo del obstáculo que se salvaba. Así, el pretensado iba a hacer posible la construcción en voladizos sucesivos, que Finsterwalder sería el primero en llevar a la práctica con su sistema de barras dywidag, y que abrió el camino de las grandes luces para las vigas de hormigón. Éstas empezaron por tanto a competir con los arcos de hormigón a los que eventualmente acabarían desplazando".

El ingeniero danés Helge Lundgren (1914-2011) publica el primer volumen ("Cylindrical Roofs") "del diffusissimo manuale sulle volte cilindriche" *Cylindrical shells : application of the theory of elasticity and the theory of rupture to the design of cylindrical roofs, tanks, tubes, pipe lines, and other thin-walled cylindrical structures.*

### [100 años]

**1925.** Félix Boix Merino lee su discurso de ingreso en la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando: *La litografía y sus orígenes en España*. Luis Sánchez Cuervo (1876-1936) y Pedro M. González Quijano leen sus discursos de ingreso en la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales: *La energía y Azar y determinismo*.

Por Real Orden, de 24 de septiembre, se aprueba la instrucción sobre puentes metálicos, la "Instrucción Mendizábal", a quien se honra en la propia instrucción: "el Sr. Mendizábal, dueño absoluto de un trabajo debido exclusivamente a su iniciativa y a su voluntad [...] ha llevado a término una obra de mérito sobresaliente, que ofrenda generosamente a su Patria, y que es ciertamente oportuna". Algunas de las innovaciones más destacadas las resume José Ramón Navarro Vera: "–Actualización de cargas de tráfico. –La normativa de 1902 sólo incluía como cargas externas, además del tráfico, las debidas al viento. Sin embargo Mendizábal introduce los efectos de frenado, esfuerzos secundarios de la estructura, efectos de temperatura y resonancia. –Se proscribía en el proyecto de puente metálico cualquier material que no sea el acero fundido o forjado".



Para José A. Jiménez Salas, "todos parecemos estar de acuerdo en que puede tomarse como fecha del nacimiento de la Mecánica del Suelo la de la publicación de la *Erdbaumechanik auf bodenphysikalischer Grundlage* [Mecánica del suelo basada en física del suelo]", de Karl Terzaghi (1883-1963). Para el profesor Jiménez Salas, "es el genio Terzaghi el que, dentro de una inmensa variedad del comportamiento del suelo, afirma la existencia de una realidad matemática detrás de todas las apariencias. Selecciona aspectos cuantitativos; formula hipótesis matemáticas; deduce, a través de ellas, consecuencias, y da reglas para la observación condicionada, para el experimento que permite la aceptación o el rechazo de las hipótesis inicialmente aceptadas. Fue a partir de este momento cuando se forma, con la aportación de muchos, un cuerpo de doctrina científica que recibe el nombre, no muy apropiado, de mecánica del suelo, al que habrá de añadirse, treinta años más tarde, la mecánica de las rocas". Para Nicholas J. Schnitter, "como mecánico, más que como ingeniero civil con un interés particular en la geología, Terzaghi encontró la explicación para la consolidación de las arcillas a través de la disipación de la presión del agua en los huecos del terreno, regida por la misma ley que la difusión del calor. Esto también le condujo al concepto de presión efectiva –esto es, la presión total que actúa menos la presión intersticial del agua–, concepto que llegó a convertirse en la piedra angular de la teoría moderna de la mecánica de suelos".

Eduardo Alonso Pérez de Ágreda ("Las catástrofes y el progreso de la geotecnia") informa de que "los deslizamientos del terreno han sido un mecanismo habitual de la formación de valles fluviales en el cuaternario. [...] Un caso especialmente dramático fue un rápido corrimiento (probablemente 1 o 2 minutos de duración) que invadió el cauce del río Gross Ventre, Wyoming, EEUU, con 50 millones de metros cúbicos de arenisca, caliza y pizarra interestratificadas, el 23 de junio de 1925. Aparentemente, los planos de estratificación (20° de buzamiento) eran sensiblemente paralelos a la superficie del terreno y el deslizamiento creó una presa natural de 65-75 m de altura con la consiguiente formación de un embalse que en tres semanas alcanzó unos 65 m de altura máxima. Durante dos años las pérdidas por filtración igualaron las aportaciones del río y no hubo desbordamiento alguno. El 18 de mayo de 1927 fuertes caudales provocaron el desbordamiento del embalse por encima de la "presa" y en poco tiempo las aguas excavaron un canal de 100 m de anchura y 30 m de profundidad. La gran inundación que se originó aguas abajo produjo grandes pérdidas materiales y ocasionó varias víctimas a pesar del aviso de peligro que pesaba sobre la zona inundable".

Alfonso Peña Boeuf (1888-1966) publica *Mecánica elástica*. «Una de las dificultades que ha tenido el calculista, especialmente antaño, ha sido el de resolver las estructuras llamadas hiperestáticas. Mencionemos solo la formulación de las *slopedeflection*, el teorema de Clapeyron o los métodos gráficos por citar algunos de los procedimientos citados en las bibliografías de la época que ayudaron a tal efecto. (...)Peña Boeuf presentará el método que el denominará como de la masa elástica donde, de manera

sistemática y rápida en comparación con los métodos coetáneos, se permitía la resolución de la estructura hiperestática. Justo es señalar que en este período se empieza a formular el método de Cross –que llegará a España a principios de la década de los años 30 debido a Carlos Fernández Casado–. Pero Peña Boeuf, anticipándose al que sería uno de los grandes métodos de cálculo del siglo XX, formularía este método que también resolvería, de manera relativamente ágil, el problema hiperestático». Josep María Pons Poblet: “Mecánica Elástica, por A. Peña Boeuf. Noventa años después”.

Se publica este año la “Instrucción para la redacción de proyectos de tramos metálicos” y en ella ya se tiene en cuenta el posible paso de un rodillo compresor de 20 Tn y el posible paso de un tranvía de 6,15 Tn por eje. La era motorizada ya había llegado a las carreteras españolas: –Rodillo compresor de 20 Tn con las siguientes dimensiones: –Tres tranvías de cuatro ejes cada uno, 6150 kg por eje.

### [150 años]

**1874.** José Antonio Rebolledo Palma (1833-1895), profesor y bibliotecario de la Escuela de Caminos, publica un grueso volumen que incluye “los modernos adelantos en el arte de construir”: *Construcción general*, que en sucesivas ediciones será titulado *Tratado de Construcción General*. En sus páginas, de apretado texto y muy bien ilustradas, se formarán varias promociones, no sólo de ingenieros de caminos, sino también de arquitectos.

El 28 de febrero se inaugura el primer ferrocarril español de vía estrecha para el transporte de viajeros entre Palma de Mallorca e Inca. Unos años antes, en 1871, se había “abierto a la explotación” una línea de mercancías, también de vía estrecha, en la margen derecha del río Odiel, en Huelva, que aprovechará así el muelle de hierro de Tharsis, “diseñado por el ingeniero inglés William Moore (1834-1889) en 1867. Tenía una planta que luego se convertirá en típica, a base de un ramal recto de aproximación que entra en el río y se va curvando para permitir a los barcos el atraque paralelo al río. La primera fase se terminó en 1871 con una cabeza de 105 por 20 m unida a tierra por un viaducto de 715 m”. También por estos años, en 1876, se pone en servicio el Muelle o Cargadero de Mineral de la Compañía Riotinto, de cuya construcción será responsable principal el civil engineer George Barclay Bruce (1821-1908). Este muelle será declarado Bien de Interés Cultural según Decreto 73/2003, de 18 de marzo, de la Junta de Andalucía. Así se describe esta obra en un anejo del citado decreto: “El muelle se encuentra situado en el extremo Suroccidental de la ciudad, al Sur del muelle de levante, parte sobre el Odiel (unos 500 metros) y parte sobre tierra. Constituye el punto final del trazado del ferrocarril que desde las minas de Riotinto transportaba el mineral hasta Huelva. Se construyó sobre terrenos rellenados, en la marisma, por la compañía minera junto al estero de las Metas y sobre el río Odiel. Tipológicamente es un ejemplo de arquitectura o ingeniería industrial y, concretamente, un muelle ferroviario de usos



múltiples. Su principal utilidad, que justificó su construcción, fue la de ser cargadero de mineral de cobre, y para ello adoptó el avanzado sistema de embarque por gravedad, pero, además, fue muelle de mercancías posibilitando la carga y descarga de las mismas mediante grúas. La planta del muelle de Riotinto en Huelva se desarrolla a lo largo de más de 1.000 metros de longitud, gran parte de los mismos sobre tierra y, el resto, sobre el río Odiel. Prolonga la línea férrea de Riotinto desde la estación de la Compañía en Huelva y enlaza con la estación de MZA, actual de RENFE. Desde la primera estación partía un tramo de 238 metros sobre un terraplén de tierra con vía única cimentada sobre hormigón y ladrillo; a continuación, durante 225 metros, se elevaba sobre un viaducto de madera sobre pórticos pareados. A partir de este punto se alza sobre grupos de dobles hileras de cuatro pilares de fundición (30 grupos o 60 hileras de cuatro pilares). Al adentrarse en el río se mantiene unos 200 metros en dirección ortogonal a la orilla para formar después una amplia curva de 200 metros de radio y culminar en un nuevo tramo recto orientado en el sentido de la corriente y las mareas (unos 170 metros). En total este tramo metálico tenía 577,6 m (en 1974 se destruyeron unos 50 metros del mismo). Sobre este tramo recto final se situaba hasta 1990 el embarcadero de madera con estructura separada de la metálica y una longitud aproximada de 200 metros. El muelle cuenta con diferentes secciones en su recorrido y una anchura máxima de 17 metros en las plataformas del embarcadero de madera de su extremo. Según el punto de su recorrido existían una, dos o tres vías férreas en sus distintos niveles. La primera parte elevada del muelle, aún en tierra, está realizada por completo en madera con pies derechos y vigas de gran sección arriostradas diagonalmente formando pórticos que se agrupan de dos en dos (veinte pares, 7 de ellos de mayor anchura con tres vanos). Sobre las jácenas de estos pórticos descansan zapatas y durmientes que reciben la carga de las largas vigas longitudinales; sobre estas últimas apoyaban los raíles y se clavaba la tablazón del firme que a su vez se cubría con balasto. Existen numerosos ángulos y pletinas metálicos de unión de los diferentes elementos estructurales de madera y algunos tirantes, vigas y pilares metálicos añadidos en diferentes momentos para reparar y reforzar zonas de este tramo".

Se publica una "obra semi-póstuma" de Valeriano José Garcés González, "empleado facultativo que fue de ferro-carriles (por empresa), de carreteras y de caminos vecinales, reformada y considerablemente aumentada por D. Florencio Ger y Lobe, maestro de obras, director de caminos vecinales y canales de riego y ayudante de obras públicas". Se trata del *Vocabulario descriptivo y legislativo de caminos, o sea Diccionario de las voces y frases empleadas en su estudio, construcción y conservación, consideradas bajo el aspecto técnico y legal*. Para los proyectos de carreteras define cuatro documentos: "1º Memoria descriptiva con sus estados correspondientes; 2º Planos y perfiles; 3º Pliego de condiciones facultativas; y 4º Cubicación de las obras, precios de jornales, materiales y unidades de obra, y presupuestos (Formularios de 25 de febrero de 1863)". Por su parte, los proyectos de ferrocarriles "han de tener los siguiente documentos: 1º Memoria



descriptiva; 2º Planos y perfiles; 3º Presupuesto de construcción y el anual de conservación y reparación de la línea; 4º Presupuesto del material de explotación y el anual de su reparación y conservación; 5º La tarifa de los precios máximos que deban exigirse por peaje y por transporte. (Ley de 3 de junio de 1855, art. 16). Debe acompañar también una relación del material, útiles y herramientas para su establecimiento y construcción que haya de importar del extranjero con su peso y valor, indicando el puerto por donde han de introducirse. (Instrucción de 16 de febrero de 1856, art. 18)". En todo caso, "todos los proyectos, por insignificantes que sean, deben presentarse a la autoridad por duplicado".

Gorazd Humar. "Another important technical turning-point in tunnel-building came in 1875 with the use of dynamite as a means of blasting tunnels. Dynamite, invented in 1866 by Alfred Nobel was first used instead of gunpowder, which at that time was still widely used in tunnelling works, in the building of the Gotthard Rail Tunnel [1872-1881] between Switzerland and Italy. The tunnel is 14,998 metres long. In the construction of a tunnel as long as this, the use of dynamite greatly increased the efficiency of the excavation. This was very evident from the speed at which the work progressed".

Gorazd Humar. "The first reinforced concrete bridge was built, in the park of the Markis Tilière de Chazelet at Chazelet, near Bourges, in France. The bridge had an arch construction of a fairly shallow shape, a span of 16.5 metres and a breadth of 4 metres. A special feature of this bridge was that its parapet, also made out of reinforced concrete, gives the impression from a distance of being made out of branches. The bridge, which is situated in a private park, still stands today, though in a slightly damaged state".

El Instituto Geográfico y Estadístico edita la primera hoja –la correspondiente a Madrid, en proyección poliédrica– del *Mapa topográfico nacional a escala 1:50.000*.

### [200 años]

**1825.** Nace Práxedes Mateo Sagasta, Presidente del Consejo de Ministros del Reino de España en 7 ocasiones.

La máquina de tracción "Locomotion", del ingeniero George Stephenson (1781-1848), recorre la primera línea pública de ferrocarril para el transporte de viajeros, proyectada por su hijo Robert Stephenson (1803-1859), también ingeniero. 39 km. separaban Stockton de Darlington. Otro *civil engineer*, Thomas Tredgold, escribe el primer libro sobre técnica y economía ferroviaria: *A Practical Treatise on Railroads and Carriages*.

"On October 26, the Erie Canal is opened after eight years of construction. The canal stretched 363 miles from the Hudson River to Lake Erie, transforming communication between the Atlantic coast and the Midwest [The Erie had cost about \$7.9 million to build, but it attracted such a huge volume of commercial traffic that it paid for itself through toll revenues in less than ten years. Its awesome vitality as an avenue of commerce





catapulted New York City into the position of pre-eminence that Philadelphia had always assumed would be its own]. As importantly, perhaps, it has been labelled America's first engineering school". Por su parte, Miguel Aguiló (*La construcción del Nueva York moderno*) apostilla que "a pesar de su éxito, el Canal de Erie tenía dos grandes limitaciones. En primer lugar, no podía operar en los meses de invierno porque los tramos situados más al norte se helaban. Además, los pasajeros encontraban el viaje lento e indirectamente incómodo por lo angosto y sucio de las barcazas. Su futuro se complicó al poco tiempo de su inauguración, cuando el desarrollo de las primeras locomotoras inspiró a los empresarios la idea de un ferrocarril paralelo a la ruta del canal".

Marc Seguin, (1786-1875) « inventeur du pont suspendu à câbles d'acier », construye « son premier pont de ce type, le pont édifié à Tournon sur le Rhône en 1825. Celui-ci servit par la suite de modèle pour de très nombreux ouvrages édifiés par lui-même associé à ses frères, puis par d'autres ingénieurs en France et dans le monde entier ».

Alexandre Kostov (« Les ponts et chaussées français et les pays balkaniques pendant la seconde moitié du XIX<sup>e</sup> et au début du XX<sup>e</sup> siècle : les cas de la Roumanie, de la Serbie et de la Bulgarie ») informa de que "pour la première fois après la réorganisation de l'École polytechnique en une école d'application, qu'on a autorisé des non-polytechniciens á assister aux cours de l'École des ponts et chaussées".

"L'éclairage au gaz est utilisé à Paris pour la place Vendôme en 1825 et la rue de la Paix en 1829. Dans la même ville des cuisinières à gaz sont installées en 1840", tal como refiere Jean Billard en su *Abrégé d'histoire des routes*.

