

## efemérides de la ingeniería – 2020

[25 años]

**1995.** Se superan por primera vez los 300 egresados en la Escuela de Madrid (exactamente, 306); en el año 2000 esta cifra llegará a 401; desde entonces, las cifras disminuyen notablemente, hasta bajar a 137 en el año 2010. Apuntan todos los indicios a que esta bajada en la matriculación de estudiantes en la bicentenaria Escuela se debe a la apertura de otras dos Escuelas (privadas; hay quien dice “de pago y apruebo”) en Madrid: la Alfonso X el Sabio y la Europea de Madrid (sic). [En junio de 2012 los porcentajes de ingenieros de caminos colegiados por Escuela serán: Madrid: 44,30%; Santander: 11,08%; Granada: 10,05%; Barcelona: 9,27%; Valencia: 7,98%; Alfonso X el Sabio: 7,22%; La Coruña: 3,87%; Burgos: 1,37%; Ciudad Real: 0,87%; Universidad Europea de Madrid: 0,53%; Alicante: 0,48%; título homologado: 2,98%.

Por Sergio Corredor Peña (“Sistemas de contención de vehículos: perspectiva histórica y retos de futuro”) sabemos que “la primera referencia en España en relación con la protección de motociclistas está recogida en la Orden Circular 321/95, en la que se incluye una propuesta de barrera para emplear en tramos de concentración de accidentes con motoristas, consistente en colocar otra valla por debajo de la propia barrera, con objeto de evitar que el motociclista pase por debajo de la misma y pueda alcanzar elementos peligrosos, como los postes de las barreras u otros situados en las proximidades de la calzada”.

Santiago Pérez-Fadón proyecta el puente de Ricobayo, sobre el río Esla, un arco de sección rectangular mixta, con piel de acero y relleno de hormigón con tres alvéolos circulares, y con 168 m de luz y 23 m de flecha.

Se aprueban las *Recomendaciones para el proyecto de puentes mixtos para carreteras (RPX-95)*.

Se inaugura el metro de Bilbao y Jorge Bernabeu escribe: “Comenzó su construcción en 1989, para ver la luz en noviembre de 1995 cuando el lehendakari José Antonio Ardanza inauguró las 23 primeras estaciones de la línea 1. Con arquitectura del británico Norman Foster, el nuevo metro de Bilbao ofrecía una potente unidad formal y una ciudad integrada y nivel estético en todas sus instalaciones y sus detalles: desde los recubrimientos y las plataformas, hasta las barandillas, la señalética o el mobiliario. El metro llevaba la transformación urbana que vivía Bilbao, impulsada por el proyecto de Bilbao Ría 2000, al subsuelo, actuando sobre las mismas entrañas de la urbe, y se ponía de manifiesto en el exterior en las marquesinas de acero y vidrio conocidas popularmente como «fosteritos»”. En Madrid, por su parte, dan comienzo también las ampliaciones del Metro: “Promovidas por Alberto Ruiz Gallardón desde la presidencia de



la Comunidad de Madrid y bajo la dirección del ingeniero de caminos Manuel Melis (1944), en el periodo 1995-1999 se realizaron 56 nuevos kilómetros, 38 de ellos en túnel, y 35 nuevas estaciones. Posteriormente, el plan 1999-2003 contemplaría añadir 58 nuevos kilómetros de líneas y otras 35 nuevas estaciones. [...] La construcción de los túneles se realizó mediante tuneladoras de frente cerrado o mediante el Método Clásico de Madrid, el antiguo método Belga, utilizado ya desde la primera obra de la línea 1 en 1917. Los rendimientos alcanzados, verdaderamente excepcionales en el mundo, se debieron a la adecuado gestión y a la oportuna elección de los métodos constructivos".

El Instituto Juan de Herrera, el CEHOPU y el CEDEX coeditan *Teoría, historia y restauración de estructuras de fábrica*, del profesor de la Universidad de Cambridge Jacques Heyman. Diez años después, y a propósito de otro libro –coordinado por Santiago Huerta, *Essays in the History of the Theory of Structures. In honour of Jacques Heyman*– del autor sabemos que "su participación fue crucial en el famoso "Cambridge Team" dirigido por J. F. Baker que, entre los años 40 y 50, desarrolló la Teoría Plástica de Pórticos, posiblemente la mayor contribución a la ingeniería científica y estructural en el siglo XX (igual que lo fue el Análisis Elástico en el siglo anterior). La teoría fue aplicada inmediatamente, aunque con ciertas limitaciones, en los pórticos de hormigón armado. En la década de los 60 Jacques Heyman se percató de que la misma teoría podría ser aplicada en las estructuras de fábrica y a su trabajo añadió rigor teórico en un ámbito que había permanecido estancado desde finales del siglo XIX".

Se pone en servicio la autovía de Leizarán entre Guipúzcoa y Navarra, aprobada en 1990 por la diputación guipuzcoana. "Sobre ella pesó –informan Mercedes López García y Jorge Bernabeu– la amenaza de ETA, que en varios comunicados amañeraba a las empresas y técnicos que intervenían en la construcción. Las obras sufrieron además la presión y las movilizaciones de una organización popular apoyada por HB y conocida como «coordinadora anti-autovía». Las amenazas se vieron tristemente cumplidas con el asesinato en 1991 del ingeniero de caminos José Casañ (1949-1991)".

### [50 años]

**1970.** La Ley General de Educación y Financiamiento de la Reforma Educativa, de 4 de agosto, abre la posibilidad en su artículo 39 de que los ingenieros técnicos tengan "acceso a las enseñanzas del segundo ciclo". En el caso del Curso de Adaptación propio de la Escuela, que permita una vez aprobado pasar a cuarto curso a los ingenieros técnicos de obras públicas, se regirá por la Orden, de 31 de julio de 1974, y la Resolución, de 5 de junio de 1975, que impone que el curso de adaptación sólo podrá llevarse a cabo en la E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid.

Acaban las obras de la "presa más alta y de mayor volumen de hormigón de España: la presa de Almendra, sobre el río Tormes en Salamanca. [...] es una presa mixta que consta de: presa bóveda de 202 metros de altura máxima y volumen de 2.200.000 m<sup>3</sup> de



hormigón; dique lateral de margen izquierda de contrafuertes de 1.344 metros de longitud y volumen de hormigón de 220.000 m<sup>3</sup>; dique lateral de margen derecha de escollera con pantalla asfáltica. El Ingeniero Jefe del Salto fue Luis Olaguibel Llovera (1918-2011) y el Ingeniero encargado de la construcción de presa José Julio Fora Becedoniz (1930-2005)".

Refiere Fernando Sáenz Ridrujeo ("El patrimonio inmaterial de las obras públicas") que la presa de Aldeadávila "servía, en la película Doctor Zhivago, para cantar las glorias de la ingeniería... soviética".

Se inaugura la presa de Alcántara: "La presa José María Oriol es uno de los mayores embalses de Europa con 3.162 Hm<sup>3</sup>, su coste fue de 10.000 millones de pesetas y recibió en 1970, por petición del Ayuntamiento de Alcántara, el nombre del entonces presidente de la compañía Hidroeléctrica Española, José María Oriol. Las dimensiones del proyecto exigían mucha mano de obra, que fue contratada en Alcántara pero también en su comarca y en otros puntos de España. A ellos se unieron técnicos italianos, portugueses, alemanes, suecos o canadienses, y se estima que en la máxima punta de empleo trabajaron 6.000 hombres".

Rafael López y Enrique Giménez publican en la Revista de Obras Públicas un notabilísimo artículo: "Encaje de presas bóveda en cerradas asimétricas". En él afirman que "hace tiempo, la asimetría de la cerrada se consideraba, a veces, como un escollo considerable para proyectar un cierre con una presa bóveda. Pensamos que la razón a esta repulsión radicaba en la complejidad del cálculo tensional [...]. Hoy en día con los ordenadores electrónicos se ha superado este problema". Resume Francisco Bueno que "los autores proponían distintas soluciones en caso de asimetría de la cerrada [...]: (1) En cerradas con poca asimetría se proponían presas con definición geométrica simétrica y contorno asimétrico así como un zócalo para evitar las uniones angulosas entre rocas y hormigón. (2) En cerradas con considerable asimetría se consideraban presas con definición geométrica asimétrica y claves de los arcos en un mismo plano vertical. (3) En cerradas fuertemente asimétricas, definiciones geométricas asimétricas y claves de los arcos en una superficie reglada de plano director horizontal". En la década de los 80 el propio Rafael López proyectará tres bóvedas anchas: Las Cogotas y el Pontón Alto (doble curvatura) y Fuentes Claras (arco de simple curvatura), "teniendo todas ellas como característica común situarse en cerradas anchas, es decir en las que la relación cuerda de la bóveda/altura sobre el zócalo es mayor de 4 o en las que la relación perímetro/altura sobre el zócalo es mayor de 5".

Paso superior Juan Bravo-Eduardo Dato sobre el Paseo de la Castellana, de José Antonio Fernández Ordóñez (1933-2000) y Julio Martínez Calzón (1938). Su estructura, de tipo mixto, fue una tipología de total novedad en España, a la cual se incorporó además un esquema, también totalmente innovador en el mundo, de pretensado de la losa del tablero antes de la conexión con el acero estructural. Se introdujeron dos nuevos





materiales inéditos en España. El acero estructural Corten, autopatinable, resistente a la corrosión atmosférica; y el hormigón blanco de alta resistencia. El proceso constructivo tuvo un elevado grado de industrialización y prefabricación, con una incidencia casi nula en la ciudad. Finalmente, el tratamiento formal, absolutamente novedoso, en el que lo estructural, se combinaba con una formalización de raíces clásicas en la búsqueda de una belleza propia y con muchos matices. El propio José Antonio Fernández Ordóñez ("Puentes de España. Estética, historia y naturaleza") reconocería que "nuestro propósito fue salvar aquel espacio, convertirlo en un nuevo ámbito público y transformarlo por medio del arte, creando un museo abierto de escultura abstracta bajo el puente con obras de Picasso, Miró, Julio González, Alberto Sánchez, Chillida, Palazuelo, etc., llevando a la calle y acercando a los ciudadanos esta parcela tan desconocida del arte de aquellos momentos. Se establecía así un diálogo entre el puente (obra del ingeniero) y las esculturas (obra de los artistas) contribuyendo a superar la dicotomía funcionalidad-belleza, y fecundando este espacio urbano con el misterio del arte. El puente sobre la Castellana, de hormigón prefabricado blanco y cerco cortén de color siena oscuro, es un intento en favor de la cada vez más necesaria reconciliación entre la técnica y el arte, en unos años en que su divorcio tendencioso ha superado cotas alarmantes, como si se produjera un continuo y dramático proceso donde los nuevos conocimientos se acumulan sin cesar a la vez que disminuye proporcionalmente la capacidad emocional".

José Torán es nombrado en Montreal presidente del Comité Internacional de Grandes Presas.

Acaban las obras del John Hancock Center, un "tube optimal à treillis diagonal et colonnes". "Le caractère absolument unique de la structure réside dans le fait qu'un nombre réduit de diagonales, placées dans le plan des colonnes extérieures, suffit à créer un caisson rigide ». El ingeniero responsable de la estructura, Fazlur Rahman Khan, "est à l'origine, en matière d'immeubles de grande hauteur, de nombreux concepts qui innovent radicalement. Inventeur d'au moins six systèmes structurels ayant valeur de types pour les tours en acier, les tours en béton et les tours mixtes, il s'est attaché en même temps à réduire sensiblement les coûts de construction ».

"To create an enclosure for the United States Pavilion during EXPO'70 in Osaka, Japan, David Geiger (1935-1989) invented the low profile cable-restrained air-supported roof. [...] Geiger's invention of the air-supported fabric roof system will be used in more than half the domed stadiums in the world; it led to creation of certain structural membrane materials like Teflon coated fibreglass", como señala Sergio Flores en *Architectural Engineers of the 20th and 21st Century*. También otro *structural engineer*, Mamoru Kawaguchi (1932), llama la atención en el pabellón del grupo Fuji para la EXPO con una estructura inflable, "formada por dieciséis arcos, hinchados con aire, que surgían de la circunferencia perimetral de la base, de 50 m de diámetro. Cada uno de estos arcos era

de 78 m de longitud y 4 de diámetro. En el centro de la estructura los arcos adoptaban una forma semicircular, pero hacia los extremos de aquella los dos arranques opuestos de cada viga hinchable estaban más próximos entre sí, elevando la clave del arco y haciéndola sobresalir hacia fuera. Una combinación de paredes de membrana y vigas infladas con aire cerraba el extremo de la estructura, proporcionándole así una mayor estabilidad". Para el propio Mamoru Kawaguchi ("¿Cómo pueden realzar las estructuras las formas arquitectónicas?"), "en este ejemplo el papel de la tecnología estructural fue, una vez más, evidente: la sencilla idea del arquitecto [Y. Murata] de que arcos de la misma longitud al ser dispuestos en la periferia de una planta circular, producirían una forma espacial interesante es magnífica. No obstante, había una gran distancia entre esta idea y su realización a esta enorme escala con los actuales materiales estructurales. Fue necesaria una elaboración analítica para establecer las configuraciones tridimensionales precisas de todos los arcos constituyentes para que satisficieran el principio de la idea original. Después se calcularon los patrones de corte del tejido sintético para entregarlos a los fabricantes. Fue necesario un análisis estructural tridimensional para garantizar la seguridad de la estructura. La selección de los materiales y la determinación de la presión interna del aire, tal como se ha descrito más arriba, así como el desarrollo de los métodos de conexión, requirieron unos sensatos juicios estructurales".

"The Aswan High Dam is an embankment dam situated across the Nile River in Aswan, Egypt. The High Dam construction began in 1960 and was completed on July 21, 1970. It aimed to increase economic production by further regulating the annual river flooding and providing storage of water for agriculture, and later, to generate hydroelectricity. The Aswan Low Dam was first completed in 1902. After the Low Dam was almost over-topped in 1946, the British administration decided that rather than raise the dam a third time, a second dam should be built some approximately four miles upriver. Before the dams were built, the Nile River flooded each year during late summer, as water flowed down the valley from its East African drainage basin. These floods brought high water and natural nutrients and minerals that annually enriched the fertile soil along the floodplain and delta; this made the Nile valley ideal for farming since ancient times. Because floods vary, in high-water years, the whole crop might be wiped out, while in low-water years widespread drought and famine occasionally occurred. The Aswan High Dam is more than 12,000 feet long and 3,200 feet wide at the base. At maximum, 36,000 cubic feet per second of water can pass through the dam. The dam powers twelve generators each rated at 175 megawatts, producing a hydroelectric output of 2.1 gigawatts. Power generation began in 1967. When the dam first reached peak output it produced around half of Egypt's entire electricity production (about 15% by 1998) and allowed most Egyptian villages to use electricity for the first time" [ASCE].

Aparece por vez primera en el DRAE el vocablo "infraestructura": "Parte de una construcción que está bajo el nivel del suelo". En 2012, y ante el uso común y abusivo del



término, César Lanza escribirá un artículo titulado: "Sobre la pertinencia, conveniencia o intranscendencia del uso del vocablo 'infraestructura(s)' en el habla de los ingenieros de Caminos". "El término 'infraestructura(s)' no representa, al menos en el uso omnicompreensivo que se le otorga en la actualidad, un concepto que se deba emplear despreocupadamente desde la ingeniería como equivalente y menos aún sustituto de lo que convencionalmente se entiende por obras públicas. La voz infraestructura es un anglicismo que debe su popularidad al hecho de haber figurado de manera habitual en la literatura económica norteamericana desde mediados del siglo pasado y en tal sentido se refiere a un sujeto genérico que comprende indistintamente la totalidad del aparato productivo de una nación. La infraestructura no corresponde por tanto de manera inequívoca con las obras de ingeniería civil. [...] Como sucede en tantas otras ocasiones el hábito deviene norma de conducta sin mucha reflexión, y casi nadie considera hoy en nuestra positivista y bastante directa profesión de ingenieros que merezca la pena cuestionar un desplazamiento léxico que ya se ha impuesto plenamente en la jerga político-económica, en los medios y en el parlamento del hombre de la calle, tanto en España como a escala global. Los ingenieros de Caminos – al menos los que tienen voz pública- parecen encontrarse hoy día como peces en el agua articulando la pragmática de su discurso profesional en torno a la estruendosa verbosidad de las infraestructuras".

### [75 años]

**1945.** En la *Revista de Obras Públicas* el director de la Escuela, Manuel Aguilar López, "pone de relieve con más o menos delicadeza" la precariedad de medios existente: "Actualmente en los Laboratorios de Hidráulica se hacen ensayos hasta en el suelo, y lo que es peor, alguno tan fundamental como el de la presa de Cijara, se ha hecho al descubierto. Al llegar el invierno no resulta esto posible; pero ¿cómo decir a la Superioridad y a las empresas que esperen, cuando todos estamos convencidos de que los ensayos en modelos reducidos son fundamentales, tanto desde el punto de vista técnico como del económico? ¿Coartaremos el espíritu investigador de los profesores Águila y Becerril, que tan magníficos resultados están obteniendo? ¿Qué posición adoptar sobre los ensayos que se solicitan del extranjero?".

El ingeniero de caminos Ángel del Campo da cuenta de que "una mañana tempranera de agosto de 1945, con don José Ortega y Gasset a su lado, Pico [José] Torán, al volante, partía de Lisboa para Madrid en su automóvil. Era un Packard gris perla, *coupé* descapotable, matrícula M-70114". Era la primera vez que el filósofo pisaba suelo español tras la Guerra Civil.

El profesor José María García de Lomas y Cossío (1896-1991), a la sazón director de Renfe, publica en dos volúmenes, uno dedicado a la vía y otro al material rodante, un *Tratado de explotación de ferrocarriles*, que quería ser "una orgánica recopilación de las



enseñanzas impartidas en la Escuela de Ingenieros de Caminos, de 1940 a 1945". Años después, en 1971, con ocasión de la publicación de un *Curso de Ferrocarriles*, los profesores Miguel Ángel Hacar Benítez (1917-2008) y Manuel Losada García (1939-1993) se referirían al profesor García Lomas como "el maestro de todos".

Por fin el pantano del Ebro, "pieza clave de la regulación del río Ebro", y que figuraba ya "en el plan de 1909 como pantano de La Virga, con un coste de 1,5 millones de ptas.", es una realidad, "y se realizó de gravedad con 34 m de altura y 216 m de coronación. Su planta es ligeramente curva y su sojería inicial, algo aliviada por las ménsulas curvas de la coronación, viene ciertamente penalizada por un horrible casetón –Miguel Aguiló *dixit*– de compuertas con techo colorado que preside la composición desde su centro".

Proyectado por César Villalba y construido por Gabriel Andreu (1903-1985) y Eduardo Torroja, el puente de Tordera es el primer puente mixto construido en España, como señala José Ramón Navarro Vera: "Tiene tres luces, dos laterales de 45 m y una central de 54 m. Es un puente singular, que recuerda a un *bow-string* invertido, en vientre de pez. El tablero comprimido es de hormigón armado con una pequeña celosía embebida en el hormigón, mientras que las tracciones se absorben por una cabeza de directriz elíptica vinculada al tablero por diagonal en V de sección tubular. El peso total del puente por metro lineal es de 5,46 T/ml, muy superior a otros puentes metálicos de carreteras de luz similar".

En mayo llega el agua a Cartagena, como explica José María Fonseca: "Para ello ha sido necesario construir 214 km de canales cerrados y enterrados, en los que hay 9,6 km de acueductos, 8,4 km de sifones, y 73 km de túneles. Esto significa una inversión actualizada de unos 20.000 millones de pesetas. El esfuerzo ha sido titánico pero al fin se ha logrado que las aguas procedentes del estrecho del Aire, en la provincia de Albacete, alcancen la orilla del mar Mediterráneo. El entonces director de la Mancomunidad, D. Rafael de la Cerda, escribía en la memoria que con tan memorable ocasión presentó: «el abastecimiento cubierto más largo de Europa, cuya primera parte ha sido terminada»". [Todo había comenzado en 1927, cuando se crea la Mancomunidad de los canales del Taibilla por Real Decreto-Ley de 4 de octubre, y cuya misión encomendada era "los estudios y redacciones de los proyectos y la ejecución de las obras e instalaciones de captación, regulación, conducción y depósitos de arranque de las distribuciones interiores para el abastecimiento de agua potable a la Base Naval y Puerto de Cartagena", principalmente].

Pier Luigi Nervi publica *Scienza o arte del costruire? Caratteristiche e possibilità del cemento armato*: "Inutile bellezza, armonia, funzionalità ed economia, quando la stabilità non sia assicurata e conservata nel tempo", reivindicando así el "fatto statico". Aldo Rossi, por cuanto "conserva intatta la sua efficacia", defendía que se trata de "un libro che dovrebbe essere materia d'esame per ogni studente di architettura". Diez años



más tarde Nervi publicará otro texto notable y dador de cuentas: *Construire correttamente. Caratteristiche e possibilità delle costruzioni cementizie armate*.

De la destrucción de la guerra surge, a contrario, el avance de la técnica del hormigón pretensado, como informa Marc Gaillard («Ponts et viaducs: vingt siècles d'innovation»): «Entre 1940 et 1945, ce sont 10 153 ouvrages – 2 603 viaducs et 7 500 ponts routiers – qui furent détruits ou coupés. [...] Les contradictions techniques du béton armé – tension du métal, compression du béton – le conduisirent dès 1928 à inventer la précontrainte, mise au point au cours de la décennie suivante avec Edme Campenon. Mais ce n'est qu'après la Seconde Guerre mondiale, avec la reconstruction des ponts de la Marne, que l'expérimentation à grande échelle de la précontrainte devint possible. Pour le pont de Luzancy, Freyssinet réalisera pour la première fois des poutrescaissons précontraintes de longue portée (55 m). Le système sera ensuite utilisé pour les autres ponts à rebâtir sur la Marne : Ussy, Changis, Tribardou, Esbly, Annet. Tous reçurent un tablier de même longueur (74 m), ce qui a permis d'installer à Esbly une usine de préfabrication des voussoirs qui fut la première du genre. Tous ces ponts étaient terminés dès 1950 ».

Además de la reconstrucción de obras estratégicas, como son los puentes, se recupera también una forma constructiva que estuvo a *la mode* en los años 30, como resume Fausto Giovannardi ("Dalle cupole in pietra ai gusci di Félix Candela"): "Nell'europa del dopoguerra e della ricostruzione le coperture a volta leggera ritrovano uno spazio con René Sarger e Nicolas Esquillan in Francia, mentre in Olanda con il sistema Zeiss-Dywidag vengono costruite numerose strutture con volte cilindriche per magazzini a Hilversum, Amsterdam e Rotterdam. In Belgio la figura più eminente è André Paduart (1914-1985), in Inghilterra Ove Arup e Felix Samuely (1902-1959), in Cecoslovacchia Konrad Hruben, in Romania Mircea Mihailescu (1920-2006) ed in Bulgaria Ilia Doganoff, mentre in Italia non possiamo non ricordare Franco Levi (1914-2009) con il palavela di Torino. Ed in ultimo lo svizzero Heinz Isler (1926-2009), che ha sperimentato nuove soluzioni in cui sia possibile riutilizzare casseformi, soluzioni pneumatiche e nella ricerca di forme per l'ottimizzazione strutturale ».

### [100 años]

**1920.** Leonardo Torres Quevedo lee su discurso de ingreso en la Real Academia Española: *Discurso sobre la Unión Internacional Hispanoamericana de Bibliografía y Tecnología Científicas*. José María Torroja Miret (1899-1961) [nº1 de la promoción de 1909], hermano de Eduardo Torroja Miret (1899-1961), lee su discurso de ingreso en la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales: *La fotogrametría terrestre y aérea*.

Se aprueba por Real Decreto, de 29 de octubre, el *Reglamento "provisional" de policía y conservación de carreteras y caminos vecinales*. La Dirección General de Tráfico –en el primero de los temas específicos de las oposiciones a la Escala Superior de Técnicos de



Tráfico– aclara que “tal como se recoge en la exposición de motivos el grueso de la normativa y las modificaciones introducidas se centran en la protección de las carreteras y de los caminos vecinales, especialmente en la defensa de sus firmes. Para ello se prevén una serie de medidas como la sustitución progresiva de los carros de dos ruedas por los de cuatro, la prohibición de circular con llantas que no sean planas y no tengan una determinada anchura, o la limitación de la velocidad y de la carga de los camiones. Esta norma que nació con carácter provisional, por el contrario fue de lo más perdurable, permaneciendo en vigor hasta 1977, año en que dicho Reglamento fue derogado totalmente por el General de Carreteras, de 8 de febrero”.

El año de su fallecimiento, el “distinguido ingeniero” Juan Manuel de Zafra publica, con la ayuda de “los ingenieros en expectación de ingreso D. Alfonso Peña, D. Ramón María Serret Mirete (1889-1972) y don Jacinto González (1892-1977)”, una Memoria oficial de la Colección de modelos de *Puentes económicos de hormigón armado para caminos vecinales*: “conforme al criterio de economía propusimos que todas las superestructuras permitieran el paso de una sola fila de vehículos. Posteriormente hemos decidido rectificar, considerando que en muchos casos convendrá, mientras no sea grande el aumento de gasto, conservar las condiciones ordinarias de circulación. Por este motivo presentamos dos modelos, de simple y doble vía, de cada de las ocho obras de menor luz. [...]. Todas las superestructuras son tramos rectos”. Las luces variaban entre 10 y 36 m. [Ésta es la opinión que dará años después Ángel del Campo de uno de aquellos ingenieros en expectación de ingreso: “no había por dónde coger a Ramón Serret –el que había sido depurador [tras la Guerra Civil]– que con unos apuntes siniestros, de áspero papel y defectuosa mecanografía, conseguía la más adversa predisposición de sus alumnos de electrotecnia de 1º para acometer el curso siguiente de esta materia (resultaba explicable que años atrás, en el 31, fuera recusado por los alumnos de entonces y separado de la cátedra; lo que no era explicable fue su reposición)”].

El ingeniero de Caminos Juan de la Cierva Codorníu (1895-1936) patenta su autogiro, “el C-1, que disponía de dos rotores superpuestos. Sin embargo, el primer que consiguió volar fue el C-4, que el 31 de enero de 1923 se elevó 23 m sobre el terreno y recorrió más de cuatro kilómetros en circuito cerrado. Para entonces había ensayado ya más de veinte variantes distintas de los sucesivos modelos. Cuando había gastado ya cerca de quinientas mil pesetas consiguió que la Aviación Militar se hiciera cargo de la construcción de los modelos. A partir de ese momento la progresión del autogiro fue rápida”, como resume Fernando Sáenz Ridruejo (*Los ingenieros de caminos*). Un año después, en octubre de 1921, otro ingeniero de caminos, Jorge Loring Martínez (1889-1936) establece una línea aérea entre Sevilla y Larache “que servía un tráfico preferentemente postal y militar. Para atender esta línea, la primera línea aérea española, creó Loring la Compañía Española de Transporte Aéreo, CETA [...]. Llegó a realizar hasta 358 vuelos en un año”.



Manuel Maluquer y Salvador (1866-1924), director de la ROP a la sazón, publica *Teoría integral de la visión*. “Podemos formular la siguiente ley general de los fenómenos de contraste o errores ópticos: El efecto de contraste es exagerar la inferioridad o superioridad en que está la sensación de la parte dominada o influida del campo visual respecto de la dominante o influyente, que es a la que se acomoda la visión como nota tónica o base de comparación”.

El ingeniero de caminos Carlos Botín Polanco (1900-1988) [nº2 de la promoción de 1924; el nº1 lo será José Entrecanales Ibarra] es uno de los velocistas (100 m. y relevos 4x100) que representa a España en los JJOO de Amberes: “En la prueba de 100 metros corrió la octava serie (15 de agosto de 1920) siendo tercero tras el estadounidense Charles Paddock (futuro oro) y el británico Harry Edward (futuro bronce), quedando eliminado. En los relevos 4x100 metros compartió aventura con Félix Mendizábal, Diego Ordóñez y su gran amigo Federico Repáraz en la primera serie (21 de agosto) ocupando la tercera plaza tras los Estados Unidos de América (que serían oro en la final) y Luxemburgo y quedando apeados de la gran final”, como da cuenta Fernando Arrechea Rivas (“El atleta olímpico de la familia Botín”).

### [150 años]

**1870.** Se publica en la Gaceta de Madrid (nº322, de 18 de noviembre) un *Decreto aprobando el reglamento para la Escuela especial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos*. Por culpa de las “exageraciones de la Revolución [...], este Reglamento, a diferencia de los anteriores, no definía las materias más que por su nombre y determinaba que «la extensión con que hubieran de estudiarse se fijarían en programas aprobados por el Gobierno, los cuales se imprimirían para conocimiento del público». Fue un retroceso y causa de confusiones esta relación de materias, que no constituyen asignaturas y que da lugar a agrupaciones más o menos ficticias y caprichosas. [...] [Este Reglamento] sólo sirvió para que alumnos de la Escuela eludieran la disciplina reglamentaria [...] con el natural progreso de convertir más días en festivos, agregando a los que lo eran antes el miércoles de Ceniza, un día más en Semana Santa y los cumpleaños de S.M. y A.R. el Príncipe heredero”. Jesús Fraile Mora, en *Reseña histórica de las Escuelas de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos y de Obras Públicas*, mira más lejos: “Lo único útil y bueno que quedó del Reglamento de 1870 es la distinción entre el doble objeto que desde entonces tuvo la Escuela: el primero y principal, educar y enseñar a los individuos que habían de pertenecer al Cuerpo Nacional de Ingenieros de Caminos, y el segundo, comprobar los conocimientos de los que pretenden obtener el título profesional de Ingenieros, y darles la enseñanza cuando lo soliciten, y cuando los medios disponibles lo permitan. Claro es que en los primeros tiempos no había lugar a esa distinción: fuera de las obras públicas a cargo directo del Estado, no había apenas Ingenieros de Caminos; más tarde, las empresas constructoras y concesionarias de obras públicas, principalmente las ferroviarias, y otras empresas industriales con las primeras



relacionadas, exigieron el concurso de muchos Ingenieros que no sirven al Estado, por encontrar en aquéllas empleo más fructuoso de su actividad. El desconocimiento de este doble fin y de las condiciones diferentes en que cada uno de ellos ha de cumplirse, fue y ha sido causa de perturbaciones e incongruencias que dañaron a la enseñanza".

El poder legislador aprueba diversas disposiciones relevantes: *Ley, de 20 de febrero, de Canales de Riego y Pantanos* [el Reglamento es de 20 de diciembre], que establece generosas condiciones y auxilios a los posibles concesionarios; años después, ante la ineficacia demostrada por esta ley [y por la de 27 de julio de 1883] Joaquín Costa tronarà, *comme d'habitude*: "pero ¿qué más quieren los concesionarios, que el país les dé hechos los canales y encima les convide a chocolate?";

*Ley, de 2 de julio, autorizando al gobierno para otorgar en pública subasta varias líneas férreas expresadas en la misma.* Para Fernando Sáenz Ridruejo, "el Plan General de Ferrocarriles, pieza clave para el diseño de la red española, surgió en 1864 como consecuencia de una iniciativa del ingeniero de caminos y diputado Constantino de Ardanaz Undabarrena. La comisión encargada de redactar su anteproyecto estuvo compuesta por cuatro ingenieros de caminos: Carlos María de Castro, Calixto Santa Cruz, Jacobo González Arnao (1815-1895) y Gabriel Rodríguez. La red proyectada por esta comisión, junto con las adiciones propuestas por la Junta Consultiva de Caminos, Canales y Puertos, fue la pauta con la que se construyeron las líneas que han llegado hasta nuestros días. El plan fue aprobado por Ley en 1870, siendo ministro de Fomento José Echegaray".

El Gobierno –léase, José Echegaray– aprueba "la resolución más polémica y que arrastraría mayores críticas vendría dada por la Orden de 7 de abril de 1870 que resolvía el abandono por parte del Estado de la construcción, conservación y reparación de más de 2.500 km. de carreteras, consideradas paralelas a líneas férreas construidas o en construcción y que los caminos de hierro vendrían a sustituir. La conservación o finalización de las obras ya iniciadas pasaba a depender de aquellas diputaciones, ayuntamientos o incluso particulares que así lo solicitasen a los jefes políticos provinciales. Los efectos negativos de esta medida serían criticados desde múltiples foros, en especial, el de los ingenieros de caminos y su órgano de información, la Revista de Obras Públicas, que en un artículo de septiembre de 1874 firmado por Rafael Yagüe constataba que: «... han desaparecido casi todas las obras accesorias; han sido destrozadas las de fábrica; desmanteladas y abandonadas las casillas de peones camineros; el firme completamente destruido por efecto del tránsito y falta de conservación; los acopios llevados por los destajistas y vendidos a la Administración para el entretenimiento de las carreteras que han quedado a su cargo; por último, como remate de tan vandálico espectáculo, el arbolado de muchas carreteras ha sido, en unas partes vendido con todas las formalidades de una subasta pública por las diputaciones que tomaron a su cargo la conservación de los trozos de carretera enclavados en sus provincias,



habiéndose dado el caso, por si algo faltaba, que en algunos pueblos ha invitado el alcalde a los vecinos por público pregón a talar el arbolado»". (Domingo Cuéllar Villar: "Política de obras públicas y políticas liberales").

Por *Real Decreto, de 12 de septiembre*, se crea el Instituto Geográfico [Nacional] en la Dirección General de Estadística del Ministerio de Fomento: su impulsor principal es José Echegaray, a la sazón ministro de Fomento. Sobre tal Real Decreto la Redacción de la Revista de Obras Públicas opinará lo siguiente: "Después de su lectura, y aunque poseídos del más profundo sentimiento por ser un compañero el blanco de nuestras censuras, no podemos menos de protestar enérgicamente contra el espíritu y las tendencias de un decreto que viene a fomentar el militarismo y a implantar en un centro eminentemente civil una organización puramente militar, constituida por elementos también militares. [...] En concepto nuestro, y en el de muchas personas, el objeto de las Cortes Constituyentes al introducir un cambio tan radical en la Estadística, era *secularizar*, o (empleando un neologismo) *civilizar* este ramo, y no el continuar con la primitiva organización, que existía sólo como un *hecho*, y que el Ministro de Fomento ha venido a sancionar y a convertir en *derecho*".

Póstumamente se publica el *Traité de l'équilibre des voûtes et de la construction des ponts en maçonnerie*, de Jules Dupuit, inspecteur général des ponts et chaussées, « in which he laid down the theoretical basis for the introduction of hinges into solid bridges. Interestingly Dupuit's idea met with little response in France, and was most enthusiastically received by the Germans. The great majority of stone and concrete bridges in Germany were built as hinged arch constructions. The hinging of bridges in Germany was first introduced by Köpcke in Dresden in 1880. All the hinged stone arch bridges built in Europe had triple-hinged arches" [Gorazd Humar].

Acaban las obras del acueducto de la Vanne, "édifié par l'ingénieur Edmond Huet et l'entrepreneur François Coignet"; se trata de "l'un des premiers ouvrages construits en béton. Il fait partie du vaste réseau de captage des eaux en amont de Paris, qui alimente une série de réservoirs placés sur le pourtour de la ville et un réseau de conduites de distribution en partie installées dans les égouts. Cette ambitieuse politique, conduite par l'ingénieur Belgrand, permet de tripler la production d'eau de la capitale. Elle sera activement poursuivie sous la III<sup>e</sup> République », como aclara Bertrand Lemoine (Construire...).

Egresada de la Facultad de Ingeniería de Buenos Aires el primer ingeniero civil argentino, Luis A. Huergo (1837-1913), "no sólo en el orden cronológico sino también por sus virtudes y su labor profesional. [...] Apenas diplomado, el gobierno de la provincia de Buenos Aires comisionó al ingeniero Huergo para contratar y fiscalizar en Inglaterra la construcción de 118 puentes que luego se instalaron en la provincia".





“Comienza la construcción del ferrocarril central del Perú. El iniciador y propulsor de la obra es Henry Meiggs (1811-1877). Lo abrupto del paisaje andino y la altitud por la que deberá circular el tren convierten la construcción de esta línea férrea en una de las empresas más duras jamás acometidas por el hombre. Habrán de construirse en el conjunto del trayecto 61 puentes, con cerca de 2 km de longitud total y 65 túneles con más de 9 km. Hay momentos en los que trabajarán simultáneamente más de diez mil hombres –chinos (los más), peruanos, chilenos y de otros países–. En los puntos más altos, rondando los cinco mil metros, sólo pueden trabajar los indios. Las dificultades técnicas con que se encontrarán Meiggs y sus colaboradores son innumerables: por falta de espacio para curvas se ven obligados a construir 21 W o retrocesos simples y cinco zigzags o retrocesos compuestos”, leemos en la *Crónica de la Humanidad* dirigida por Luis Ogg.

El ICE publica su primer libro: *Education and Status of Civil Engineers*, “written by Dr William Pole (1814-1900): “There is, in England, no public provision for engineering education. Every candidate for the profession must get his technical, like his general, education as best he can: and this necessity has led to conditions of education peculiarly and essentially practical, such being the most direct and expeditious mode of getting into the way of practical employment”. [“The Institution of Civil Engineers has published books for 140 years as part of its knowledge output –few at first, but increasing to a peak of more than 50 a year under its commercial arm Thomas Telford Ltd”].

Joseph Bazalgette se encarga de los London’s sewers, como dan cuenta Hugh Ferguson y Mike Chrimes (*The Civil Engineers. The Story or the Institution of Civil Engineers and the People Who Made It*): “The main intercepting scheme came into operation in 1870-71; and considering that the mean annual death rate in London was, in the decade ending 1850, 24.8 per 1000, and for the year 1882 was only 21.4, it may not be unfair to claim for those works a considerable share in this decrease in deaths. But a decrease from 24.4 to 21.4 represents about twelve thousand lives saved every year in London, and proportionate increased length of life for the living”. [En una necrológica sobre Bazalgette, se leerá que “Sir Joseph never appeared to be an ambitious man, and yet he became identified with undertakings which the most ambitious might have been proud to accomplish”].

### [200 años]

**1820.** “A fin de formar ingenieros de la conveniente instrucción, para dirigir y ejecutar todas las obras públicas con la perfección y economía que en otras naciones de Europa” se restablece nuevamente, según Decreto de las Cortes de 8 de noviembre, la antigua Escuela de Ingenieros de Caminos y Canales, primero en la calle de Alcalá y más tarde en la del Turco. Unas semanas antes había presentado Agustín Argüelles la *Propuesta de Ley que hace S.M. a las Cortes sobre Caminos y Canales del reino*, en la que se incluía



una *Memoria sobre las comunicaciones generales de la Península* de la Comisión de Caminos y Canales, elaborada por José Agustín de Larramendi, Felipe Bauzá, Manuel Martín Rodríguez y Antonio Gutiérrez. En ella se abogaba por que de las obras públicas se encargaran los ingenieros y así “los nombres de Juez protector, Director económico, Superintendente, Subdelegado, que en otros tiempos pudo haber algunas razones plausibles para crearlos, no deben existir; son instituciones debidas a la ignorancia, cuyo origen se pierde en los tiempos bárbaros y contrarios a la Constitución, que no reconoce más que ingenieros hábiles y administradores”.

Agustín de Betancourt construye el puente de San Isaac sobre el río Neva en San Petersburgo: «Consistió en un puente de madera, soportado también sobre pilas flotantes, constituyendo un conjunto rígido que descansaba sobre barcazas. Cuando se quería desmontar, bastaba con soltar amarras de un extremo y dejar que la corriente lo hiciera girar suavemente hasta situarse en paralelo a los muelles de una orilla. Para volverlo a montar, se giraba en sentido contrario de forma rápida y fácil gracias a un sistema de cabrestante, ideado por el mismo Betancourt. El proyecto se complementaba construyendo unos sobrios embarcaderos con escaleras de granito, a lado y lado, que bajaban al nivel del agua». Roger Besora i Foix: *A la luz de San Petersburgo*.

Thomas Tredgold [1788-1829] –“his background was similar to many of his great contemporaries: a rudimentary education, apprenticeship to a carpenter, and work as a journeyman. Aged 20, he moved to London to work in an architect’s office before setting up as a civil engineer” – publica *Elementary principles of carpentry*: “[it] was the first to apply engineering principles and an understanding of the strength of materials to the subject. Published in 1820, it was in continuous publication until 1946 –surely a record for any technical book!”, como escriben Hugh Ferguson y Mike Chrimes en *The Civil Engineers. The Story or the Institution of Civil Engineers and the People Who Made It*.

El directeur général des Ponts et Chaussées, Louis Becquey (1760-1849), y «contre-révolutionnaire sous le Directoire», escribe un *Rapport au Roi sur la navigation intérieure de la France* : « Dans les gouvernements modernes, comme dans les anciens, on a senti qu’une des premières conditions de la civilisation, et qu’ensuite l’un des ses premiers avantages consistaient dans l’étendue et la facilité des communications ».

Sabemos por José Serna (1978) (*Los puentes del tren*) que “la primera patente de vigas en celosía fue la de Town, con su característica alma cerrada en celosía múltiple”. Luego vendrían las otras, como resume Leonardo Fernández Troyano: “Squire Whipple patentó en 1841 las primeras vigas trianguladas metálicas; son las vigas bowstring, frontera entre las vigas triarticuladas y los arcos superiores. Cinco años más tarde patentó la viga Whipple, con montantes de fundición y diagonales formadas por barras, con un funcionamiento análogo a las vigas Pratt. [de 1844] En 1846 Frederick Harbach patentó la viga Howe enteramente metálica, y un año más tarde la compañía Western Railroad



construyó varios puentes con este sistema cerca de Pittsfield. En 1848 los ingenieros James Warren y Willoughby Monzani patentaron en Gran Bretaña la viga Warren, que es la que más se utiliza hoy en día".

