

efemérides de la ingeniería – 2023

[25 años]

1998. Javier Rui-Wamba Martija lee su discurso de ingreso en la Real Academia de Ingeniería: *Aforismos estructurales que pueden ser de utilidad para comprender determinados comportamientos de los seres humanos*. Por su parte, Francisco González de Posada lee su discurso de ingreso en la Real Academia Nacional de Medicina: *Protección y prevención de los riesgos de la vida de la especie humana: Arquitectura e Ingeniería Sanitarias*.

Se publican el Real Decreto 2661/1998, de 11 de diciembre, por el que se aprueba la "Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)"; la "Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera (IAP)"; y la "Instrucción para el proyecto., construcción y explotación de obras Subterráneas para el transporte terrestre (IOS-98)".

Acaban las obras del dique de levante del puerto de Málaga. Vicente Negro (1961) explica las características de la obra: "El espaldón está cimentado sobre una losa a la cota +1,50 y que alcanza el nivel de la +9. Solamente es un muro de 8 metros aproximadamente, que está rigidizado por una serie de arcos o por una serie de arbotantes, como queráis llamarlos, anclados a los cajones. Para que os hagáis una idea, la cuantía de un espaldón convencional puede estar por debajo de los 40 kilo de acero/metro cúbico, mientras que la cuantía de un espaldón de estas características puede estar por encima de los 120 kilo de acero/metro cúbico. [...] El hormigón es gris, no podemos hacer otra cosa, pero tiene una imagen, con esa curvatura, intentando buscar el botao las que devuelva la energía de las olas al mar, por supuesto, intentando que no tengamos un *choque confinado* o un *choque martillo* o un *choque tipo Bañol*".

Sobre el embalse de Contreras, acaban las obras de un viaducto proyectado por Julio Martínez Calzón (MC2 Estudio de Ingeniería): "mediante dos estructuras gemelas y separadas con tableros de celosía mixta continua de canto variable. Están formados por tres tramos de luces 93,5-170-93,5 m y un vano de acompañamiento de 66 m también en celosía pero de canto constante, simplemente apoyado [...]. El método constructivo consiste en el empuje y giro completos por semipuentes en el tramo continuo, completado por un montaje por doble elevación para el vano de acompañamiento". Once años después, y sobre el mismo embalse, se inaugura otro viaducto, esta vez apto para el tráfico ferroviario de alta velocidad y proyectado por Javier Manterota Armisén (Carlos Fernández Casado, S.L.): "La luz del arco es de 261 m, con una flecha de 37 m, que determina una relación flecha/luz de 1/6,77. El tablero está formado por una viga en sección cajón de hormigón pretensado, de 3 m de canto y luz máxima entre apoyos de 43,5 m, lo que hace que la relación canto/luz sea de 1/14,5. [...] El arco tiene una



directriz poligonal curvilínea en el plano vertical, correspondiendo al funicular de las cargas permanentes. [...] El arco se ha construido en hormigón HP-70, debido a las grandes compresiones que soporta".

El 5 de abril "the Japanese crown prince and his consort, representing the Tenno Akihito" inauguran el Akashi-Kaikyo Bridge, "accompanied by 1,500 invited guests". Tres años antes había tenido lugar un terremoto de 7.2 grados en la escala de Richter. Aunque el puente había sido diseñado para soportar terremotos de 8.5 grados, "serious doubts arose, however, when measurements revealed that the earthquake had caused 297-meters-towers to move 80 cm apart. Engineers solved the problem performing new structural analyses of the hangers and the decks erecting a stabilizing truss". El proyecto y dirección de obra corrió a cargo de la Honshu-Shikoku Office of Bridge Construction. Para Leonardo Fernández Troyano, "en el Japón, la máxima potencia constructora actual de puentes en general y de atirantados en particular, se han construido y se están construyendo, varios de gran luz; en la lista de los mayores del mundo a finales de este siglo, seis de los diez primeros serán japoneses. La mayoría de ellos poco han aportado al desarrollo de su tecnología, aunque algunos de los últimos demuestran nivel de proyecto está ya al nivel o por encima de los demás".

Para Eduardo Alonso Pérez de Ágreda ("Las catástrofes y el progreso de la geotecnia"). "la rotura de la presa de Aznalcóllar ha sido probablemente el acontecimiento más significativo para la comunidad geotécnica española en las últimas décadas. Mostró de forma cruda los límites de las prácticas aceptadas de proyecto, abrió un debate sobre las razones fundamentales del accidente y puso encima de la mesa algunas dificultades graves que aún persisten para conocer la reacción de determinados materiales. El último punto se refiere a las arcillas azules del Guadalquivir, que son sedimentos finos de gran potencia depositados en ambiente marino en el Terciario. Geotécnicamente se caracterizan por su alta plasticidad (es decir, su gran capacidad para retener agua), como consecuencia de la presencia del mineral esmectita en su composición, por su fragilidad marcada, por su baja permeabilidad, por su escaso ángulo de fricción residual y por la presencia de una estructura bien desarrollada de fisuras subverticales y de planos de sedimentación. Se trata de un material intermedio entre las nociones de "suelo" y "roca". [...] El movimiento hacia delante de una longitud de dique de unos 600 m en el extremo sur-oriental de la balsa fue la causa determinante de la abertura de una brecha a la altura del dique de separación de las balsas norte y sur. El dique de contención de la balsa norte no se movió y el desplazamiento del dique sur provocó el desgarramiento inicial en la estructura de contención que fue rápidamente erosionada por la avalancha de lodos saturados que siguió. El deslizamiento del dique oriental de la balsa sur fue un movimiento de cuerpo rígido. El dique sufrió pocas distorsiones. La posición de la superficie de rotura, que todo hace indicar que correspondía a un plano de sedimentación, se pudo establecer con bastante precisión a partir de los sondeos de investigación realizados tras el accidente. [...] En el proyecto original del dique se habían

hecho hipótesis muy conservadoras en los cálculos de estabilidad. Se había supuesto que los residuos entraban en licuefacción por efecto de un sismo y se había introducido la aceleración horizontal (0,048 g) y vertical (0,776g) de un terremoto. La reducción de resistencia en la arcilla, debido a la rotura progresiva, está lejos de explicar la pérdida de factor de seguridad que condujo a la rotura. La explicación hay que buscarla en un aspecto adicional: las presiones de agua consideradas en el análisis. [...] Lo que hoy sabemos hubiera llevado a un diseño del dique con pendiente mucho más reducida del paramento de aguas abajo. Permanece, sin embargo, la necesidad de encontrar métodos fiables y robustos de análisis de la estabilidad de suelos y rocas frágiles". Como perito de parte en el proceso judicial posterior participará Joaquín Martí, un ingeniero de caminos de fama mundial "en el análisis de problemas mecánicos y estructurales, particularmente los dinámicos y no lineales. Ejemplos típicos son los impactos, terremotos, explosiones, vibraciones, grandes deformaciones, etc., así como muchos otros cálculos que simplemente requieren un alto nivel de precisión y fiabilidad".

Cecil Balmond (1943), junto con el arquitecto Álvaro de Siza, proyecta la cubierta del pabellón de Portugal en la EXPO de Lisboa, como da cuenta Miguel Aguiló (*Grandes cubiertas españolas*): "La más simple representación de un elemento estructural es una línea. Una línea que se convierte en un toldo que se tiende entre los estribos y define la entrada del Pabellón de Portugal en Lisboa. Pero ese toldo es más que estructura y sombra. Su vuelo y curvatura otorgan ceremonia y celebración: 'desde lejos parece de papel', escribe el ingeniero Cecil Balmond".

[50 años]

1973. Se aprueba el Decreto 3082/1973, de 19 de octubre, por el que se aprueba la instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado. Para Manuel L. Martín Antón esta instrucción "marca un hito en la reglamentación técnica específica sobre la materia. En efecto, desde la filosofía de que la Instrucción proporcionaba suficientes requisitos, aunque susceptibles de ser mejorados, para garantizar, en el orden reglamentario, la funcionalidad de estas obras, se plantea la necesidad de conseguir mayores cotas de calidad para las mismas. Para ello, se introduce en la Instrucción EH-73 un nuevo título dedicado al control de calidad que pionero en su género, regula los aspectos correspondientes relativos al proyecto, los materiales y la ejecución. Comienza, así, un nuevo período en el desarrollo reglamentario de esta técnica en el que el objetivo de calidad preside los planteamientos". Un año antes se había aprobado la Orden, de 5 de mayo de 1972, por la que se aprueba la Instrucción para la fabricación y suministro de hormigón preparado.

En 1973 se constituye la Asociación Cultural Caminos (AC Caminos). A juicio de José Antonio Torroja, "AC Caminos representó un soplo de aire fresco en la Escuela. Cumplió con lo que se esperaba de la juventud: ilusión por la vida y un toque de rebeldía. No





todo son ecuaciones diferenciales y tecnología. La vida hay que vivirla intensamente en cada momento, y hay que enseñar que por encima de ingenieros de Caminos somos, en primer lugar, seres humanos, con todo lo que ello representa". En el editorial del número I (segunda época) de *La Diáspora*, revista editada por la Asociación, aquellos jóvenes declaraban, en 1977, que "en un momento en que hemos inhumado a los más notables e ilustres muertos del país, NACEMOS, y nacemos libres. Porque la libertad y la vida aparecen tan íntimamente ligadas que nadie está realmente vivo si no disfruta de la libertad".

El arquitecto Frei Otto publica en dos volúmenes, en MIT Press, *Tensile Structures*, un compendio extraordinario de "Pneumatic Structures, and Cables, Nets, and Membranas". Un año antes se había celebrado en Stuttgart el primer Coloquio Internacional sobre Estructuras Neumáticas.

P. R. Knowles publica *Composite Steel and Concrete Construction*, un texto clásico sobre estructuras mixtas. No obstante, la técnica era conocida desde hacía años, como resume Leonardo Fernández Troyano: "Los ensayos de estructuras mixtas se iniciaron poco antes de la Guerra del 14, en el Laboratorio Nacional de Física en Inglaterra, promovidos por la empresa Redpath Brown and Company, pero a causa de la guerra no se terminaron hasta 1923. Estos ensayos dieron lugar a las publicaciones de Scout y Caughey, donde se empezaron a establecer métodos de cálculo para estas estructuras, y dieron lugar a los primeros puentes mixtos, construidos en los años 20 de nuestro siglo. Los canadienses iniciaron también una serie de ensayos en 1922, promovidos por la Dominion Bridge Company. Se puede considerar que en los años 30 existía ya un conocimiento bastante claro del comportamiento de estas estructuras y de la forma de calcularlas".

Con proyecto de Freeman Fox and Partners, y con el *know-how* de la empresa constructora alemana Hochtief AG, "the Bosphorus bridge was completed on 30 October 1973, one day after the 50th anniversary of the founding of the Republic of Turkey. [...] The total length of the bridge is 1,560 m, with a mid-span of 1,074 m. The width is 33.40 m, and height above sea level is 64 m. The Bosphorus Bridge became the longest suspension bridge in Europe and fourth longest in the world when it was completed. The bridge was designed to bear 6 lanes of traffic. The bridge deck has a closed box section and is suspended from the main cable by 300 ton capacity high-strength steel suspenders arranged in a triangular pattern. The bridge was designed to resist 1.0 g horizontal and 0.05 g vertical earthquake accelerations". El segundo puente sobre este estrecho se construirá en 1988, el Fatih-Sultan-Mehmet Bridge (Bosphorus II), "with a span of 1,090 meters".

Dieciséis años después de que Jørn Utzon ganara el concurso, y con un presupuesto diez veces superior al inicialmente previsto, concluyen las obras de la Sydney Opera House. Peter Rice (1935-1992), ingeniero de Ove & Arup que tenía "a certain facility with

mathematics [...] did the geometry. [...] The breakthrough came with the realisation that the shells could be formed from sections of a sphere. Since the sphere has a very simple regular geometry, describing the shape of each element that defined the outside surface of the shells (tile lid) and the maximising of repetition in the precasting, plant became considerably easier". Al cabo, Félix Candela escribiría un artículo de título combativo: "El escándalo de la Ópera de Sydney", incluido en su libro *En defensa del formalismo y otros escritos*: "Los arquitectos, hombres al fin, no pueden escapar de este clima surrealista en el que cualquier desafortunado gesto puede producir mundial, aunque generalmente efímera, notoriedad. ¿Para qué descender a tan prosaicos detalles como el de asegurarse que una estructura tiene posibilidades de ser construida? Quédese esta tarea para ayudantes de segunda categoría, sin que haya peligro de que tales consideraciones limiten la capacidad creativa del genio. La ópera de Sidney constituye un trágico ejemplo de las catastróficas consecuencias que esta actitud de desprecio por las más obvias leyes físicas puede acarrear". César Lanza, a propósito, también se acuerda de la mano invisible: "La mano invisible de Rice hizo visible la obra entre otros de Utzon; la de Manterola levantó la de Moneo y Saiz de Oiza; la de Martínez Calzon lo hizo con Foster y Tagliabue; Rui-Wamba se la prestó amistosamente a Nouvel y Torres; Jiménez Cañas (1943) a Herzog y De Meuron... Buenas manos, y sobre todo una elocuente sabiduría".

[75 años]

1948. Arturo Danusso (1880-1968) funda el muy prestigioso, a la postre, "ISAC (Istituto Sperimentale per Applicazioni in Calcestruzzo) en Bergamo, "which in 1951 became the ISMES (Istituto Sperimentale Modelli e Strutture)". Un año antes se había creado el "Aeroelastic & Structures Research Laboratory", en el Massachusetts Institute of Technology: "From the wealth of research work, the contributions to FEM [Finite Element Method] and the systematic use of computers for calculating aircraft structures are particularly worthy of note. All the researchers [...] accepted the findings on the matrix formulation of structural mechanics problems laid out in the monograph *Elementary Matrices* by Frazer, Duncan and Collar".

Se crea la revista *Informes de la Construcción*. La mejor conocedora de la revista resume así la naturaleza y objetivo de la revista: "se editaba mensualmente, recogiendo los avances científicos y técnicos que paulatinamente se iban obteniendo en los diferentes países sobre nuevos materiales, normativas, métodos de cálculo, ensayos sobre modelos, aportaba la documentación necesaria para dar a conocer las obras de ingeniería civil y arquitectónicas más importantes que a nivel mundial se estaban construyendo, incluyendo fotografías del proceso de construcción, planes generales y detalles constructivos, aportando un análisis técnico de las mismas, así como artículos de carácter puramente científico, bibliografías, y las noticias más relevantes acaecidas en el mundo de la construcción. Pero además, y ahí radicaba su importante novedad, la



revista Informes era el medio por el cual el Instituto dirigido por Torroja, generaba un estado de opinión e incitaba y promovía la actuación activa de cuantos profesionales, operarios e industrias intervenían en la construcción”.

Eduardo Torroja acude “as a lecturer at the ETH” por invitación de Pierre Lardy, catedrático de estructuras de hormigón en el prestigioso Politécnico. Allí el ingeniero español “emphasized the role of small-scale models in their design and described his laboratory where finally built models were carefully tested [...] Torroja’s focus on model analysis impressed Lardy and also stimulated his newly appointed assistant, Hans Hauri, who suggested that they follow the Spaniard’s methods in Zurich”, tal como señala David P. Billington.

En Estados Unidos acaban las obras de la presa de Hungry Horse : «Siempre se ha considerado que la construcción de la presa de Hungry Horse supuso el punto de partida de la aplicación de esta técnica en los Estados Unidos”. Se refieren Francisco Bueno y Joaquín Díez-Cascón al empleo de hormigones con cenizas volantes en la construcción de presas.

Annus mirabilis para la ingeniería geotécnica. Karl Terzaghi y Ralph B. Peck (1912-2008) publican *Soil Mechanics in Engineering Practice*; Donald W. Taylor (1900-1955) publica en la misma editorial (John Wiley, New York) *Fundamentals of Soil Mechanics*; y en Inglaterra se edita el primer número de *Géotechnique*, “which was to become the world’s leading soil mechanics journal, [it] was found by five enthusiasts –Rudolph “Silas” Glossop (1902-1993) (who personally underwrote the publishing cost of the first issue), Hugh Golder (1911-1990), Leonard Frank Cooling (1903-1977), William Hallam Ward (1917-1996) and the ‘father of British soil mechanics’, Alec Skempton (1914-2001)”.

José Miguel de Prada y Fabián López Ulloa nos informan de que si bien “en 1917, sir Frederik W. Lanchester, ingeniero inglés, establece la primera patente de una construcción neumática, sujetando una bóveda de grandes dimensiones por medio de la creación de una ligera sobrepresión en el interior”, no será hasta 1948 cuando “el campo militar de la aeronáutica en los Estados Unidos la utilice para proteger las grandes antenas de radar de vigilancia con un sistema de mínimo espesor, evitando además la inclusión de una estructura que pudiera interferir con las señales de radiofrecuencia. Es así como un grupo de ingenieros del Cornell Aeronautical Laboratory, liderados por Walter Bird, desarrolló el primer prototipo de cúpula de radar, que se convirtió en la base para las futuras aplicaciones arquitectónicas mediante la producción de membranas de alta resistencia estructural”.

Asociaciones, empresas y administración patrocinan la creación de la International Road Federation (IRF), la Federación Internacional de Carreteras. A la ceremonia de su constitución acudieron casi todos los países del mundo, pero se negó la entrada al Director General de Carreteras español. Las relaciones entre ambos países atravesaban



uno de sus peores momentos, tanto que los norteamericanos habían incluso retirado a su embajador de Madrid.

Se abre al tráfico el túnel de Vielha, que se había empezado a horadar en 1926 y se había calado en 1941. Con una longitud de 5.240 m, "fue la más importante obra de ingeniería en la frontera francesa, pero no estuvo exenta de problemas. El más incómodo era producido por la altitud de sus accesos, situados a 1.630 y 1.320 m respectivamente, por lo cual era habitual la exigencia del uso de cadenas durante el invierno. Además, fue preciso construir falsos túneles en curva en ambas bocas para evitar la elevada velocidad del aire en dirección norte-sur, producida por el efecto chimenea generado por los 300 m de diferencia de altura de las bocas". Miguel Aguiló (*Túneles...*).

[100 años]

1923. Acaban las obras del sifón de Tempul sobre el río Guadalete, en Jerez de la Frontera, proyectado por el profesor de Hidráulica Teórica de la Escuela Pedro M. González Quijano (1870-1958). Este sifón, y otro cercano sobre el río Majaceite, "a diferencia de todos los construidos hasta entonces en España, no salvaban los cauces [...] apoyando las tuberías en un puente que hacía las funciones de un *venter* sino que, por el contrario, la tubería describía un arco de gran luz, que tenía la característica de ser autoportante. La gran tubería de hormigón describe, por dos veces, una sobre cada río, una gran catenaria invertida, capaz de salvar una notable luz de 40 m. El sifón en puente-arco trabaja fundamentalmente a compresión y no precisa, por tanto, de armadura de tracción, salvo la mínima para resistir los empujes del viento. Esta solución presentaba la ventaja de consumir poco acero, escaso y caro como consecuencia de la devastación que representó la Primera Guerra Mundial", Ignacio González Tascón.

[150 años]

1873. M. Matallana del Rey –"arquitecto y director de caminos vecinales, una carrera creada en 1848, muchos de cuyos miembros se integraron luego en el cuerpo de Ayudantes de Obras Públicas y mantuvieron siempre el equívoco con los ICCP", como aclara Fernando Sáenz Ridruejo– publica un *Manual práctico para la conservación de las vías férreas*. [Diez años antes, en 1863, había escrito el primer diccionario del ferrocarril en lengua español: *Vocabulario descriptivo de ferrocarriles con la legislación de los mismos*]. A juicio de Tomás Martínez Vara y Francisco de los Cobos Arteaga ("Una mirada al pasado de la literatura ferroviaria: notas críticas sobre los textos anteriores a la nacionalización"), "el libro de M. Matallana del Rey es bastante más que un simple manual práctico de un servicio ferroviario, como reza a modo de proemio el extenso título. La exposición del diseño funcional de la compañía que se hace en el prefacio es excepcional, como excepcional es asimismo la descripción de las profesiones integrantes del servicio de Vía y Obras, formalidades contables y riesgos de accidentes, un tema sobre el que la



literatura ferroviaria siempre pasó de puntillas. Creía con buen criterio que las compañías deberían unificar el material rodante utilizado y, les recuerda, en lo que no deja de ser una premonición, que los conflictos con sus trabajadores deben resolverse mediante el "arbitraje", un sistema que –considera– beneficiaría a "unos y otros" en los aspectos moral y económico, pues garantiza "que las leyes del trabajo" se resuelvan "por la equidad y por la justicia, por la ciencia y la honradez".

La Junta Consultiva de Caminos obtiene un "diploma de honor" y una "medalla de bronce" en la Exposición Universal de Viena.

Con fecha de 3 de agosto, firman la *Memoria del proyecto de ensanche de la villa de Bilbao* el arquitecto Severino de Achúcarro y los ingenieros de caminos, canales y puertos D. Pablo Alzola Minondo y D. Ernesto Hoffmeyer Zubeldía (1844-1913). La Memoria se aprobará por *Real Decreto* expedido el 30 de mayo de 1876 y las *Bases para la realización del Ensanche definitivas* se aprobarán en sesión pública el 27 de septiembre de 1877. A juicio de Javier Cenicacelaya, "el Plan Castro ha sido, sin duda, el modelo seguido para Bilbao. [...] Castro, a diferencia del valiente Cerdá, fue moderado e inocuo. El ensanche de Bilbao también lo fue, aunque los autores de éste demostraron una gran imaginación para conjugar tantos y tan pesados condicionantes en un trazado que me parece magnífico".

El Ministerio de Obras Públicas japonés crea "the country's first collage of engineering; four years later it became the Imperial College of Engineering".

Carlo Alberto Pio Castigliano (1847-1884) presenta *Intorno ai sistemi elastici. Dissertazione presentata alla Commissione Esaminatrice della R. Scuola d'Applicazione degli Ingegneri in Torino per ottenere la Laurea di Ingegnere Civile*. "Nella sua dissertazione appare il teorema, oggi conosciuto con il suo nome, il quale stabilisce che: in una struttura lineare elastica la derivata parziale dell'energia di deformazione, considerata funzione delle forze applicate, rispetto ad una delle forze, è uguale alla componente dello spostamento del suo punto di applicazione nella direzione della forza".

Acaban las obras del Royal Albert Bridge sobre el Támesis, un puente "colgante con tirantes", donde "coexisten un cable con péndolas y unos tirantes en abanico, ambos con funciones portantes". Mientras, cerca de París concluyen las obras de un puente-acueducto sobre el río Yonne, un tributario del Sena, que "has the largest non-reinforced concrete arch in the world, with a span of 40 metres. The construction of this bridge was very instructive and had a decisive influence on the further destiny of the first concrete bridges" por causa de las grietas aparecidas después de retirar la cimbra: "the fourth attempt to remove the platform, on 1 April 1873, was successful. No cracks appeared. One can imagine the disappointment of the aqueduct builders, and the reaction to this project among other members of the profession. Confidence in concrete as a suitable material for bridge-building was strongly shaken by this unfortunate episode, and in fact



the experience served to further increase interest in the construction of stone bridges". Gorazd Humar.

"On August 2, 1873 the first successful cable-operated street railway opened in San Francisco, CA. Designed by engineer William Eppelsheimer, the Clay Street Hill Railroad began regular service on September 1, 1873. Additional cable car companies opened during the late 1800's forming the San Francisco cable car system, the world's last permanently operational manually operated cable car system. The system is part of the San Francisco Municipal Railway (Muni), the only transportation system listed on the National Register of Historic Places".

[200 años]

1823. Como informan Aniceto Zaragoza Ramírez y Eloísa López Moreno, "en la *Reseña histórica de la Escuela Especial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, desde su creación hasta 1873* encontramos la siguiente referencia: «Nos limitaremos a decir que en la Escuela del año 20 al 23 estaba dividida la enseñanza en tres cursos: el primero comprendía la mecánica racional y la geometría descriptiva, con sus aplicaciones a las sombras, a la perspectiva, a la gnomónica y a la estereotomía; el segundo la mecánica aplicada, los principios generales de arquitectura civil, y algunas nociones de física, mineralogía y geología; y el tercero y último la topografía y geodesia, los proyectos y construcción de caminos, puentes y canales, y las obras de ríos y puertos. El estudio del dibujo era común a los tres años»".

Claude-Louis Marie Henri Navier publica un texto esencial: *Rapport et mémoire sur les ponts suspendus*, "qui est diffusé dans toutes les préfectures [...] et replace la France au premier rang dans ce domaine". Dos años antes Robert Stevenson había publicado en Edimburgh *Description of Bridges of Suspension*. Por su parte, Gabriel Lamé (1795-1870) y Benoît-Pierre-Émile Clapeyron (1799-1864), ambos ingénieurs des mines, publican *Mémoire sur la stabilité des voûtes avec un rapport de M. de Prony [1755-1839] sur ce Mémoire*.

En noviembre se inaugura una de las obras emblemáticas –el muelle de Brighton– de otro ingeniero –Samuel Brown– experto en la construcción de puentes suspendidos, como enseña Ana Vázquez de la Cueva: "Uno de los pioneros en este campo fue Samuel Brown (1776-1852), el más prolífico constructor de este tipo de obras que ha habido en Inglaterra y el promotor además de la difusión de las cadenas de barras para puentes colgantes, que llegaron a ser un *standard* para dichos puentes en su país. En el muelle-embarcadero de Brighton Brown aplicó este sistema, que ya había puesto en práctica en el *Trinity pier*, demostrando con ello la versatilidad de esta técnica, así como su habilidad personal para resolver y adaptarse a nuevos problemas de ingeniería. Las obras dieron comienzo el 18 de septiembre de 1822. [...] se construyó un muelle de cuatro vanos, cada uno de los cuales tenía 77,72 metros de longitud. Cuatro pares de





torres de hierro fundido de 7,62 metros de alto, cimentadas sobre grupos de veinte pilares, sujetaban las cadenas. Por la parte interior, éstas se anclaron 16,45 metros en el acantilado, rematándose en una plancha de hierro de casi tres toneladas, mientras que en la parte exterior se llevaron hasta la roca, donde se fijaron con pernos y cuñas". Leonardo Fernández Troyano aclara que "se hundió durante una tormenta diez años después de terminarse".

El afamado matemático Pierre-Simon Laplace publica el último de los cinco volúmenes de su *Traité de mécanique céleste*. "Il rêve d'appliquer la démarche du savant anglais à l'étude de tous les phénomènes terrestres. Il propose alors d'abandonner la conception lagrangienne des corps comme des *milieux continus* –dont les divers éléments, impénétrables les uns aux autres, se gênent mutuellement– au profit d'une *conception moléculaire* de la matière, censée serrer de plus près la nature véritable des corps physiques". Massimo Corradi ("From the « Architecture hydraulique » to the « Science des ingénieurs»: Hydrostatics and Hydrodynamics in the XIXth century") aclara que "his studies on wave-motion and tides, in addition to those on capillarity, are very important to develop hydrodynamics".

