



El pensamiento estético de los ingenieros. Funcionalidad y belleza

Leído por el

Excmo. Sr. D. José A. Fernández Ordóñez

En la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando
el día 25 de marzo de 1990, con motivo de su recepción

«Es muy fácil pensar; obrar es muy difícil.
Y obrar de acuerdo con el pensamiento es lo más difícil del mundo».
Goethe

Señores Académicos

El jueves 3 de mayo de 1988 fallecía D. Carlos Fernández Casado. Aquel mismo día, por una coincidencia emocionante, que sólo las estrellas o los dioses podrían explicar, me concedíais con vuestros votos el derecho a participar en esta Academia en un trabajo tan querido para mí como es la defensa de las Artes, probablemente persuadidos, más que por el conocimiento de mis obras y publicaciones que, como es común en el caso de los ingenieros, se divulgan poco en los ámbitos culturales, por el prestigio de los tres académicos que tuvieron la generosidad de proponer mi candidatura a vuestra consideración, a saber, el propio director de la Academia, Federico Sopeña, el duque de Alba y José María García de Paredes, a quienes agradezco la confianza que depositaron en el fruto de mi colaboración en los trabajos que aquí se desarrollan. Y entre ellos, tengo especialmente en mi recuerdo a José María García de Paredes, cuya súbita muerte hace mes y medio nos ha privado dolorosamente de su persona.

Hace diez años, D. Carlos me expresó su íntimo deseo de que yo alguna vez le sucediera en la Academia. Nunca confesé esto a nadie. Si ahora lo hago público, es porque el espíritu de Fernández Casado hoy nos acompaña y nos envuelve, cuando de nuevo un ingeniero de caminos entra en esta Academia, el séptimo, si mis cuentas son exactas: los tres que cita D. Carlos en el discurso con motivo de su recepción, Lucio del Valle, Amós Salvador y Feliz Boix, el propio Fernández Casado, que hacía el quinto, Ángel del Campo, mi buen amigo y colega en tantas lides culturales y profesionales, y Agustín de Betancourt, a quien, ignoro por qué causa, omite D. Carlos¹. No tendría sentido hacer un elogio hoy aquí de Carlos Fernández Casado, y no porque reglamentariamente su medalla no me corresponda, sino porque a lo largo de mi vida lo hice en numerosas ocasiones, especialmente en 1976, cuando organicé, como presidente nacional del Colegio de Ingenieros de Caminos, una gran Exposición monográfica dedicada a su

obra, que dio la vuelta a España; y además, porque todos ustedes, lo conocieron bien como colega en esta Institución y nada nuevo podría añadir acerca de él que realce su calidad personal y sus méritos profesionales, ya reconocidos por todos.

El mejor homenaje que puedo tributarle es hablar, en este día, de una cuestión que a él sin duda le hubiera gustado debatir con nosotros y en la que su papel fue relevante: el pensamiento de los ingenieros civiles en torno a la estética. Hace trece años, su discurso de entrada en esta Academia se tituló *Estética de las artes del ingeniero*. Espero, con mi más modesta aportación, contribuir a elevar el interés por estas cuestiones, que hasta ahora tan sólo han atraído el interés de unos pocos ingenieros o filósofos, pero cuyo análisis final y consecuencias prácticas todos gozamos o sufrimos; porque las obras de ingeniería civil, las obras públicas, son de todos y a todos competen.

Vengo aquí, en primer lugar, a dejarme instruir por los artistas, por el mundo del arte, lo que he hecho toda mi vida con mucho agrado, y en segundo lugar, a aportar lo que pueda en aquellas cuestiones en las que consideréis que mi labor pueda ser útil.

¡Hablar de obras públicas, de ingeniería civil, en esta noble Academia! Hippias el Mayor podría recriminarme: «¿Quién es ese hombre tan mal educado para atreverse a nombrar cosas tan bajas en conversación tan elevada?»

Teniendo en cuenta lo dicho por José Ricardo Morales en *Arquitectónica*, «no hay nada más alejado de la teoría que la casuística, al punto de que nunca una suma de casos constituyó teoría alguna», no pretendo hoy aquí elaborar una teoría general sobre el pensamiento de los grandes ingenieros acerca de los problemas estéticos, sino considerar brevemente sus particulares ideas, sin demasiada esperanza de encontrar un hilo conductor que las explique en su conjunto, descubriendo, por lo que luego veremos, la evidencia de profundas contradicciones, no sólo entre los ingenieros entre sí, sino lo que es más sorprendente, entre sus textos teóricos, su pensamiento y su propia obra.

¹ Agustín de Betancourt fue nombrado Académico de honor el 1 de febrero de 1784, el día que cumplía 26 años, tal como descubrió Pedro García Ormaechea:

«Si no asiduo, fue al menos académico de asistencia frecuente desde el 27 de enero de 1792 hasta el 26 de abril de 1807».

EL PENSAMIENTO ESTÉTICO DE LOS INGENIEROS. FUNCIONALIDAD Y BELLEZA

INTRODUCCIÓN

Uno de los requisitos fundamentales que exige nuestro trabajo de ingenieros es la reflexión continua sobre la relación dialéctica, contradictoria y misteriosa, entre utilidad y belleza, ya que en nuestro quehacer diario se presenta de continuo el problema, en apariencia irresoluble, de conciliar la funcionalidad exigida con la belleza de las obras.

Hay en nuestra profesión una tradición, tan larga y arraigada como su propia historia, de identificar la belleza con la funcionalidad. La dimensión funcional de las obras se ha impuesto a las restantes dimensiones, incluso, a veces, a la económica. Lo funcional ha sido y es todavía lo sagrado, aunque ahogue los restantes aspectos de la obra de ingeniería. Junto a lo funcional, la concepción parte en ocasiones de lo constructivo, lo resistente o lo económico, pero raras veces arranca de lo estético. Sin embargo, hoy día, quizá más que nunca, los valores éticos de las obras de ingeniería civil han adquirido una importancia que supera las estrechas fronteras que la funcionalidad impone al trabajo técnico de los ingenieros.

Desde la formación en el siglo XVIII de las primeras Escuelas de Ingeniería Civil, los ingenieros han desdeñado, en general, los compartimentos de la imaginación y la impresión emocional, por considerarlos exclusivamente subjetivos. Nace esta peculiar actitud antisubjetiva, común a la mayoría de los ingenieros, de un grave prejuicio contra sí mismos, considerando todo lo que es producto de su mente como irreal o relativamente insignificante. Los ingenieros sólo se sienten satisfechos cuando se figuran estar apoyados en materiales y leyes independientes de su propia naturaleza, en leyes objetivas. Este prejuicio contra lo subjetivo ha conducido, salvo raras excepciones, a una despreocupación o a un desdén por los problemas estéticos, acarreado en ocasiones daños irreparables².

Ya nadie duda que el funcionalismo moderno arranca en el racionalismo del siglo XVIII con Lodoli, Laugier, Milizia, Blondel, Durand y los ingenieros de Ponts et Chaussées.

Aunque el veneciano Carlo Lodoli no llegó a publicar ningún texto, su influencia fue enorme, debido sobre todo a su carisma

personal, a la pasión con que extiende sus ideas, al libro de Andrea Memmo *Elementi d'Architettura Lodoliana ossia l'arte del fabricare con solidità scientifica e con eleganza non capricciosa* (Roma, 1786), y a Francesco Milizia, quien propaga el dogma lodoliano («la belleza es la adecuación a la finalidad») y sus ejemplos, ya clásicos, como el de la góndola veneciana, insuperable modelo en su género. Lodoli es, sin duda, el primer pensador moderno que plantea con claridad que la belleza es la manifestación generalizada de la utilidad, que la veracidad de lo arquitectónico no admite ornamentos y que el constructor debe someterse escrupulosamente a la índole y cualidades específicas de los materiales empleados. Lodoli tiene además la intuición genial de introducir (por vez primera) la dimensión económica de lo constructivo junto a los aspectos funcional y estético, dimensión nueva y revolucionaria en las concepciones clásicas en materia de arquitectura.

Contemporáneo de Lodoli, el jesuita francés Marc Antoine Laugier publica en 1754 su libro *Essai sur L'Architecture*, quizá el primer texto donde, de un modo neto y sin eufemismos, se identifica la arquitectura con la construcción estrictamente racional. Allí podemos leer afirmaciones que anticipan ya la ideología funcional:

«La Arquitectura ha sido abandonada hasta el presente al capricho de los artistas, que han dado los preceptos sin discernimiento... Serviles imitadores (los artistas) declararon legítimo todo lo que venía avalado por los ejemplos... Hay que salvar la Arquitectura descubriendo sus leyes fijas e inmutables... Es fácil distinguir las partes esenciales que entran en la construcción por necesidad, de las otras que sólo entran por capricho. La belleza radica en las partes esenciales, y en las otras sólo hay defectos... Es asombroso que nuestros arquitectos vuelvan siempre a sus miserables arcadas... En construcción, todo lo que es *contra natura* podrá ser singular pero nunca será bello».

En la misma línea, publica Laugier en 1765 sus *Observations sur L'Architecture*, en que insiste sobre los inconvenientes de imitar los órdenes clásicos y en la necesidad de nuevas invenciones

² A pesar del desinterés de los ingenieros por las cuestiones estéticas, desde la fundación de las primeras Escuelas de Ingenieros, siempre se incluyó en los

programas académicos una asignatura de contenido humanístico, con especial atención hacia los problemas estéticos. Véase nota 1.

arquitectónicas para las nuevas necesidades. Son todas ellas ideas que predicaban la asimilación de la arquitectura a la construcción racional, así como la imperiosa necesidad de justificar con la razón todo cuanto se construye.

Las ideas funcionalistas fueron introducidas en la enseñanza de los ingenieros de caminos a finales del siglo XVIII por J. L. Durand, quedando fuertemente arraigadas desde entonces en la tradición docente de las Escuelas de Ingenieros. Durand despreciaba los problemas formales y las proporciones, lo que todos parecen compartir en aquella época: «Las formas y las proporciones no son esenciales. La decoración es superflua. Sólo vale la decoración natural: aplicar los materiales en función de sus cualidades y su finalidad». Durand basaba sus criterios exclusivamente en la utilidad y en el coste mínimo. Su enseñanza influyó poderosamente entre los ingenieros, desde la cátedra de Arquitectura de la Escuela Politécnica de París, equivalente a la que existía en la Escuela de Caminos de Madrid, cargo al que le había conducido el mítico Perronet, además de su propio prestigio personal como colaborador de Boullée. Sus enseñanzas influyeron en la mentalidad de los ingenieros de caminos de principios del XIX y en el profesorado de la Escuela hasta bien entrado el siglo XX. Las ideas de Durand valoraban antes que nada «la construcción y la economía» y predicaban un sentido radical de lo útil, germen del funcionalismo que resurgió en el siglo XX, tras el paréntesis romántico. Con sus ideas, Durand ahogó entre los ingenieros la voz de Ledoux y de Boullée y la de otros arquitectos revolucionarios que oponían «la noble sencillez» de la geometría al lenguaje clásico. Su sucesor en el puesto, Leonce Reynaud, no compartió nunca estas ideas, insistiendo siempre en la necesidad de una «completa armonía entre forma y función».

Durante siglos existió la ilusión de que la utilidad, la resistencia y la belleza de las obras eran cualidades que coexistían pacíficamente. El siglo XVIII vino a demostrar que eran incompatibles, que la vieja trilogía vitrubiana, la «triple unité» de Blondel, utilidad, solidez y belleza, era una meta imposible de alcanzar³. La opinión común era que el oficio mecánico debía ser rigurosamente proscrito del universo del arte porque prostituía el contenido, el

tema, que era donde radicaba la esencia del arte. Schlosser advierte cómo este movimiento de separación de arte y técnica es incluso anterior al siglo XVIII:

«Es en el Manierismo, cuando el gran arte se separa del oficio y sus representantes ascienden a la capa superior de la sociedad. El Quattrocento se afanaba en torno a las bases del arte, a la técnica en el sentido más alto. En el Manierismo reaparecen las teorías intelectualistas de la Edad Media, el deseo de un significado más hondo de la imagen, la función de la alegoría, la poesía interpretada en sentido moral. Más tarde, las Academias sustituyen a los antiguos talleres de los artistas».

Todo iba a contribuir a arrinconar la imaginación creadora en el territorio acotado del «arte elevado aportado por la idea», por citar un lenguaje al uso de las Academias de la época, y a expulsar del cielo artístico a las obras de ingeniería civil, es decir, «el arte industrial basado en la pura habilidad manual y el ejercicio mecánico».

Por otro lado, la mayoría de los ingenieros civiles de la Revolución Industrial se despreocuparon de los problemas estéticos de sus obras, y de la despreocupación se pasó al desprecio por todo cuanto se refiriese a cualidades estéticas de las obras en que intervenían⁴.

Nuestra profesión quedó a espaldas del arte y el «arte oficial» dio la espalda a esta realidad estética extraordinaria que son las obras de ingeniería civil. Una ignorancia mutua absurda, reflejo de otra de mayor trascendencia, contra la que se levantaron, después de la Primera Guerra Mundial, las voces de los mejores: «Entre el sentimiento y la razón ha surgido un conflicto indeseable y estéril. Queremos un sentimiento y una razón en conflicto productivo» (Bertold Brecht).

FUNCIONALISMOS PUROS, ROMÁNTICOS, PRAGMÁTICOS Y POÉTICOS

Aunque, desde finales del siglo XVIII, los ingenieros españoles siempre han respirado aires funcionalistas, sus actitud ante los pro-

³ Blondel, que en el último tercio del siglo XVIII explicaba Arquitectura a los futuros alumnos de ingenieros de Ponts et Chaussées, aunque en su célebre Escuela de París intentaba en vano conciliar «la solidez, la comodidad y la decoración», ya advertía en su *Historia de la Arquitectura* (1751) la magnitud del problema: «la causa más profunda de la inquietud es el antagonismo perenne entre forma y finalidad».

⁴ Collins afirma que en el siglo XIX «pocos ingenieros hicieron caso al problema estético del diseño de puentes», desinterés que persiste en nuestro siglo hasta el punto que «a cualquier ingeniero que diseña bellas estructuras, como

Pier Luigi Nervi, se le nombra arquitecto *honoris causa*». Ya un historiador decimonónico como Fergunson afirmaba en su *Historical Inquiry* (1849) que los ingenieros, aunque escapaban a la afectación y al servilismo a la arqueología que caracterizaba las obras de los arquitectos, estaban desperdiciando la gran oportunidad que se les ofrecía para lograr un planteamiento artístico, y Hans Straub, uno de los más lúcidos historiadores modernos de la ingeniería civil, consideraba que los ingenieros del siglo XIX habían despreciado el diseño creativo de las estructuras, la búsqueda de la perfección formal y estética de éstas, así como su adecuación al paisaje.

blemas estéticos ha sido muy diversa. Nada tiene que ver el funcionalismo puro de Betancourt o de la ingeniería de los años treinta con el funcionalismo, común durante el siglo XIX, que considera la forma un aditamento, una decoración que embellece la estructura de la obra y cuya responsabilidad no compete al ingeniero. Veamos algunos ejemplos.

En su famoso Ensayo *Sobre la composición de las máquinas*, tratado primigenio y fundamental en el estudio de éstas, publicado con su compañero Lanz en 1808, Agustín de Betancourt aseguraba que «la forma de cualquier máquina es un aspecto tan decisivo como su esencia cinemática y dinámica». Esta afirmación estaba basada tanto en una profunda reflexión teórica como en su propia experiencia personal: él había conseguido diseñar una máquina de vapor como la de Watt y Boulton, partiendo exclusivamente de un dato: su forma exterior.

Alekséi Bogoliúbov, académico y catedrático de máquinas en la Universidad de Kiev, biógrafo de Betancourt, nos cuenta cómo el gran ingeniero canario emprendió viaje a Londres el 11 de noviembre de 1788 con el objetivo principal de conocer la fábrica de *máquinas de fuego* de Watt y Boulton. Pero Betancourt se vio impedido de estudiar la famosa máquina de vapor, ya que sólo le enseñaron parcialmente el aspecto exterior, sin permitirle siquiera verla en conjunto. A pesar de las mamparas que trataban de ocultar la máquina, por pequeños detalles cazados al vuelo, Betancourt reparó enseguida en el principio de su funcionamiento. Vuelto Betancourt a París, pudo construir un modelo de máquina de vapor de doble efecto, sobre la base del mismo principio de Watt, aunque con mecanismos originales como el de transmisión y transformación del movimiento rectilíneo del émbolo o el de distribución del vapor. El hallazgo de Betancourt constituye un hecho histórico singular en cuanto a la relación del funcionamiento interior de la máquina respecto a su forma exterior.

Tal como dice Bogoliúbov, «por primera vez en la historia de la ingeniería mundial, Betancourt logró sintetizar la forma en relación estrecha con la esencia de la máquina».

Grande hazaña del padre indiscutible de todos los ingenieros españoles, que no sólo demuestra y ratifica su genio creador y su profundo conocimiento de las máquinas, sino algo más. Si Betancourt, en unos vistazos y observando pequeños detalles, pudo deducir de la forma exterior de la máquina de vapor de Watt —una máquina nueva y desconocida— su esencia y principio de funcionamiento, fue porque aquella máquina era pura y absolutamente

funcional, esto es, su función estrictamente desarrollada se materializaba en aquella forma exterior; su perfección formal y estética era resultado único de la dimensión interna de la función.

De ahí que Betancourt distinguiera entre forma exterior y forma real: mientras la forma real se derivaba exactamente del funcionamiento de la máquina, la forma exterior podía responder a las exigencias de la moda, por ejemplo a través de columnas o frontones.

En la generación de Saavedra, Echegaray o Sagasta (por citar nombres de ingenieros de caminos muy conocidos en el ámbito de la cultura y la política), late siempre la esperanza de unir la ciencia y el arte, unión propia del espíritu romántico que dormía bajo el racionalismo aparente, irrenunciable, de los ingenieros. La postura de estos ingenieros de caminos del siglo XIX es intermedia entre la mentalidad funcionalista de los ingenieros ilustrados de la generación de Betancourt y de sus discípulos, y la más pragmática y especializada, que renuncia de antemano a enfrentarse a problemas estéticos, de los ingenieros que trabajan desde finales del siglo XIX hasta mediados de los años veinte.

Eduardo Saavedra, descubridor de Numancia, escribe en 1869 en su discurso de ingreso en la Academia de Ciencias Exactas Físicas y Naturales:

«Si el arte se inspira en la naturaleza para traducir la expresión mas viva de sus formas, y la ciencia va a buscar dentro de estas formas el origen de aquella expresión que nos conmueve, no se podrá desconocer que de ese fondo común han de surgir ciencia y arte estrechamente unidas y envueltas en la misma aureola del genio y de la gloria». «La Física es el nervio de la Arquitectura, como es la Lógica el fondo de la Elocuencia; la utilidad social, propia de los pueblos ilustrados, es el fin de ambas, y el resultado final es la belleza, que viste la utilidad y la ciencia con las nobles insignias del arte, y con sus mágicos reflejos hace la verdad amable y comunicativa».

«Idealizar las masas» es otro concepto común, otro ideal presente en los ingenieros de estos años. El pensamiento de Roebbing, de inspiración hegeliana, es análogo cuando habla de «espiritualizar la naturaleza⁵». Ninguno de estos ingenieros consideraba perfecto lo únicamente útil. Para ellos, velar una estructura era tan legítimo como resaltarla, y por motivos idénticos.

La necesidad de conciliar lo útil y lo estético, común a estos ingenieros «románticos», nació de su convicción de que el menos-

⁵ Véase nota 2.

precio de la función conduce a exageraciones y derroches inaceptables, y el menosprecio de la forma, a la destrucción de lo estético. Sin embargo, a finales del siglo XIX, los ingenieros habían perdido ya la confianza en la belleza estructural de los nuevos materiales y se dejaban influir por las nuevas modas eclécticas, sobre todo en sus trabajos urbanos.

Pablo Alzola y Minondo, quien publicaría en 1899 la hasta ahora única *Historia de las Obras Públicas en España*, es uno de los escasos ingenieros de caminos que se ocupan de las cuestiones estéticas en estos años. Cuando Alzola proyecta en 1880 el puente de San Francisco sobre la ría de Bilbao, escribe un interesante ensayo en torno a la estética de los puentes metálicos, que incluye en la memoria del proyecto. Los puentes urbanos eran entonces las obras públicas que desataban más polémicas⁶. Decía Alzola que:

«las buenas proporciones y la esbeltez deben contribuir muy principalmente al aspecto estético de las obras públicas... Por lo mismo que las obras públicas se ejecutan, por su índole, tan escuetas y desprovistas de ornamentación, es menester fijarse en la composición, para buscar en la combinación de los materiales y la armonía de las diversas partes, los recursos que contribuyen a su artístico efecto, al destacarse sobre los incomparables panoramas de los profundos valles o de las agrestes montañas»...

«Sólo determinados monumentos situados en las grandes plazas públicas se destacan a tanta distancia como los puentes, ... que pueden ser el mejor ornamento de las ciudades cruzadas por ríos algo caudalosos, si en su disposición se logran hermanar los preceptos de la ciencia y las reglas del arte... El medio de que se vale el arte para lograr este objeto es la decoración; pero debe ser esencialmente racional, haciendo aparente el organismo de la construcción, cuya osamenta ha de conservarse sin alterarla, dándole relieve para que se destaque, pero procurando ataviarla con formas más delicadas y atractivas, en que la fantasía despliegue sus alas, a fin de idealizar las masas haciéndolas variadas y agradables; mas es preciso tener también sumo cuidado de no prodigar con exceso la ornamentación, que de ser exuberante y fastuosa, contribuirá a que lo accesorio se sobre-

ponga a lo principal, careciendo entonces la construcción de unidad, que es uno de los caracteres esenciales de la belleza».

Se trara de un verdadero manifiesto estético acorde con la mentalidad general de sus colegas de la época, contrarios al uso «no racional» de la decoración por parte de los arquitectos, que ocultaban con ella «la osamenta de la construcción».

Cuando las obras están en medio del campo, el pensamiento de los ingenieros no es el mismo. Al elaborar el proyecto del puente de Cadagua, de 65 m de luz libre, en viga recta en celosía de 5,40 m de canto, se preguntaba Alzola si valdría la pena disminuir el canto «para corregir la desproporción acusada por la mucha elevación de las vigas», objetando que «sería imperdonable no velar debidamente por los intereses de la Compañía al extremar más de lo razonable y con empeño inusitado la mejora de las condiciones estéticas de la obra».

Alzola piensa como la gran mayoría de los ingenieros de su tiempo. No ama los puentes de celosía cuando la rasante es baja, «les falta la gracia y la belleza», ni tampoco las vigas cajón de Robert Stephenson, aun reconociendo «el atrevido puente tubular de Britania». Tampoco le gustan los *bowstrings*: «aunque algunos ingenieros les encuentran más elegancia que a las vigas rectas, no participamos de su opinión». Como sus compañeros, piensa que «los arcos metálicos son la solución más racional y bella para la construcción de puentes de hierro en los centros populosos».

En los concursos para la construcción de puentes urbanos a principios del siglo XX, se ponen con claridad de manifiesto, tanto la valoración estética que la sociedad asigna a los diferentes materiales y tipologías en las obras públicas, como las exigencias decorativas de los promotores municipales y los criterios seguidos por los ingenieros de caminos en cuestiones estéticas. En las bases del Concurso del puente sobre la ría de Bilbao (1901), se obliga a que la estructura sea metálica, Los ganadores fueron los ingenieros Vicente Machimbarrena y Miguel Otamendi, con la colaboración de los arquitectos Antonio Palacios y Joaquín Otamendi, que presentaron un arco metálico triarticulado de 60 m de luz. El jurado, al que pertenecía Pablo Alzola, consideraba en su fallo que los

⁶ Alzola recibió, el encargo de proyectar ese puente porque el previamente proyectado por la acreditada fábrica de Creusot, a petición del Ayuntamiento de Bilbao, no gustó (aunque se había dejado a los ingenieros de la empresa total libertad para su diseño). «La vista de los planos impresionó tan desagradablemente que por unanimidad se convino que el puente *era feo* y no podía aceptarse el proyecto, encomendando el estudio de otro puente a un distinguido ingeniero» (que no era otro que Pablo Alzola) dice el ingeniero de caminos

Fernando García Arenal en su célebre texto titulado *Relaciones entre el Arte y la Industria* (1881). Se queja García Arenal de que «los que dirigen el establecimiento metalúrgico más importante de Europa hacen proyectos prescindiendo de la belleza, hasta el punto de ser por esta causa inadmisibles». Este caso podría ser el primero en que una obra pública se rechaza por fea por una Corporación oficial, sin otro motivo funcional, económico, técnico o de plazo.

autores, al adoptar «las columnas, los arcos botareles, ventanales calados, airosos torreones, pináculos y otros motivos de ornato, para dar movimiento y esbeltez a las masas, habían logrado con la amalgama de la ciencia y del arte comunicar al proyecto condiciones estéticas muy satisfactorias». Sin embargo, dos años después, en el Concurso del puente de María Cristina sobre el río Urumea, en San Sebastián, a cuyo jurado también perteneció Alzola, se prohíbe el uso del hierro, recomendando el de la piedra, y se advierte «que si se adoptara para material de la construcción el cemento armado, habrá de quedar completamente oculto en los paramentos principales y recubierto con azulejos, mármoles u otros elementos decorativos».

De esta obsesión por ocultar la estructura, especialmente si ésta estaba construida con los nuevos materiales, participaron tanto los ingenieros como los arquitectos. En estos años de principios de siglo, ambas profesiones pactan implícitamente el reparto de papeles en la construcción, incidiendo en el proceso lento, pero profundo, iniciado tiempo atrás, de especialización: los ingenieros quedan circunscritos a las cuestiones técnicas y económicas y los arquitectos a las decorativas.

Félix Cardellach (1875-1919) (desde su cátedra de Construcción Industrial de la Escuela de Ingenieros Industriales de Barcelona) es un pionero en el estudio de lo que él llama *formas artísticas en la arquitectura técnica*, o bien ingeniería estética. Cardellach explicó las bases teóricas de la estética técnica, el análisis y la aplicación de las formas artísticas en la construcción, así como las leyes generales de la composición industrial. Con ello, emprendía el trabajo de establecer normas para lo que definía como *arquitectura técnica*. Para Cardellach, la arquitectura industrial, es decir, aquella que no tiene por objeto la belleza en sí, sino el cumplimiento de la finalidad utilitaria de la industria, debería ser susceptible de ser *artistizada*. «Idear formas mecánicas, y luego *artistizar* estas formas» es la fórmula propuesta por el ingeniero catalán. Cardellach, que imbuyó en sus alumnos la idea de embellecer las estructuras, pensaba *artistizar* las construcciones industriales con formas inspiradas en los estilos clásicos y medievales. En aquellos mismos años (corría la segunda década del siglo XX), Adolf Loos predicaba que la ornamentación es un crimen, mientras Gaudí defendía que la decoración es a la estructura lo que la piel al esqueleto, es decir, que decoración y estructura son inseparables.

Rompiendo con esta tradición conciliadora decimonónica, José Eugenio Ribera (1864-1936), el ingeniero español más dinámico de la época, fue el principal valedor de una nueva actitud disociadora de la forma y la estructura, teoría que, dada su gran influencia como profesor de puentes de fábrica en la Escuela de Caminos y su calidad de primer contratista moderno de obras públicas en España, tuvo enormes consecuencias estéticas en las futuras generaciones de ingenieros. Hablando de su proyecto ganador del Concurso para la construcción del puente de María Cristina en San Sebastián (1903), Ribera afirma que «siendo una de las bases principales del Concurso la de que el puente tenga un carácter grandioso y monumental, he recurrido a la ilustre colaboración de mi distinguido colega el arquitecto D. Julio Martínez Zapata, pues, aunque mis aficiones artísticas pudieran haberme impulsado a fantasías personales de ornamentación, soy de los que creen que resultamos los ingenieros, casi siempre, muy malos decoradores, pues ni tenemos el gusto suficientemente educado, ni el hábito de esta especialidad». No es fácil adivinar quién sale peor parado de este juicio de Ribera: si los ingenieros, tildados de incapaces para el buen gusto y el arte de la decoración, o los arquitectos, cuyo papel queda reducido al de simples decoradores de las estructuras que construyen los ingenieros.

Critica Ribera a sus «ilustres colegas ultrapirenaicos», como Sejourné, porque considera que su «exquisitez arquitectónica» en los puentes supone complicaciones y encarecimientos innecesarios. Incluso arremete contra el propio Perronet, a quien acusa, entre otras cosas, de emplear un número excesivo de centros en el trazado de sus bóvedas carpaneles, de rebajar demasiado sus bóvedas escarzas y de colocar semitajamares en los estribos, calificando sus célebres *cornes de vache* (que ni siquiera Telford resistió la tentación de copiar) como «artificios constructivos», estimando que «es un prurito buscarse dificultades inútiles⁷».

En opinión de Ribera, la solución óptima es «aquella que, a igualdad de resistencia y duración, exija menor gasto». El ingeniero, «bueno es que sea creador de estructuras, pero mejor aún es que sea ahorrador de pesetas». Suele inclinarse Ribera por las soluciones más baratas de primer establecimiento.

Teniendo en cuenta las economías de explotación y conservación, considera en general más rentable la realización de obras nuevas sucesivas. Ribera no construye para la Historia, ni pensando en el ahorro de materiales ni en la conservación futura de las

⁷ A pesar de estas críticas a la ornamentación, Ribera tuvo la osadía de proyectar en hormigón armado un puente en Elche con arcos ojivales y de herradura, argumentando que «en medio de aquella villa y paisaje se adaptaría mejor

una obra de estilo árabe». No obstante, nunca llegó a construirlo porque, según explica, «el Consejo de Obras Públicas no compartió esta fantasía morisca».

obras, sino exclusivamente para satisfacer una utilidad inmediata al menor coste posible en pesetas. Si una crecida extraordinaria se lleva un puente, a causa de un desagüe demasiado estricto, ello será buena oportunidad para construir otro nuevo puente barato, actitud que prefiere siempre a lo que él definía como «espíritu de magnificencia».

Decir que Ribera era partidario de la sobriedad decorativa y de la sinceridad constructiva sólo sirve para comprobar una vez más el mínimo valor de estas palabras. La inmensa mayoría de los ingenieros de esta época pensaron, aparentemente, de idéntico modo, pero los resultados de sus obras son tan dispares técnica y estéticamente como pueden serlo las de Maillart y las del propio Ribera, por citar dos especialistas, coetáneos, del hormigón armado. Dentro del complejo eclecticismo que ofrecen las inclinaciones estéticas y decorativas de Ribera a lo largo de su vida, su pensamiento estético ante las obras de ingeniería podría quedar reflejado en su opinión tardía sobre un puentecillo proyectado por él al principio de su carrera profesional con todo el cariño de un joven ingeniero recién incorporado a su primer destino. Dice Ribera de sí mismo: «Confiesa sinceramente el autor haber pecado en tales excesos decorativos, en su primer proyecto de piedra (¡ha cuarenta años!); se percató pronto al visitar sus obras de cuán impropio eran aquellas filigranas de labra y piedra aplantillada, en un riachuelo asturiano; aquel nuestro primer puente, avergonzado sin duda de su abusiva vestidura, la oculta hoy bajo el mugre que lo cubre».

Este pragmático reparto de funciones entre el ingeniero, al que corresponde el cálculo de la estructura, y el arquitecto, circunscrito a la decoración de la obra, corresponde a una mentalidad común a los ingenieros europeos de la época. Resal, el gran especialista en puentes metálicos, creador del famoso puente Alejandro III en el corazón de París, profesor de la École de Ponts et Chaussées, enseña que la tarea que compete al ingeniero en la concepción de los puentes es conseguir que la estructura refleje claramente, sin engaño, la legibilidad resistente de su forma. Y añade: «A continuación, pertenece al arquitecto estudiar el decorado».

Es desde los años veinte, y especialmente durante los años treinta de nuestro siglo, cuando se comienza a reaccionar contra esa mentalidad. Maillart, Freyssinet, Torroja y Nervi son la punta de lanza de una familia de ingenieros que no se resigna con el aislamiento progresivo de la ingeniería civil respecto del mundo de la belleza. El reconocimiento y la consiguiente universalización del hormigón armado, gracias a la obra de Freyssinet, y en especial, a su puente de Plougastel, inaugurado en 1929 y presentado en el Congreso de Berlín ante el asombro y el aplauso de cientos de ingenieros de todo el mundo; las enormes posibilidades forma-

les y estéticas del hormigón no suficientemente exploradas, frente a la rigidez de los elementos metálicos; el desdén por lo decorativo y el aprecio por las formas puras, tanto en las obras de ingeniería civil como en los productos industriales, que la Bauhaus y el Movimiento Moderno pusieron de moda entre las personas más influyentes de la época y los ingenieros de vanguardia, son entre otras, las razones que explican que en aquellos años los ingenieros recuperasen la confianza en sí mismos que habían tenido sus colegas de la primera mitad del siglo XIX. Los ingenieros creían de nuevo en la posibilidad de acceder a la belleza a través de la ambición científica, la pureza técnica y los cálculos refinados. De ahí nace su tendencia hacia la ligereza, hacia los espesores y volúmenes mínimos, y su búsqueda de procesos constructivos cada vez más refinados.

El movimiento de ingeniería de los años treinta de nuestro siglo es una luz profunda y breve en el proceso funcionalista, aunque poco tenga que ver con él en su esencia histórica. Es un paréntesis utópico que introduce lo poético frente a la dureza de lo estrictamente funcional y la brutalidad de lo económico, pero no de un modo gratuito, sino arrancando de la verdad esencial de los materiales de nuestro tiempo y transformando de pies a cabeza las tipologías estructurales.

Lo esencial de esta actitud de la ingeniería de los años treinta no es lo funcional, sino lo poético. De ahí que lo económico no sea importante ni para Freyssinet ni para Torroja, sino sólo un aspecto secundario. No hay en ellos, sin embargo, menosprecio de la función (como en el barroco tradicional y en tanta otra arquitectura de todos los tiempos) ni menosprecio de la forma (como en los funcionalistas dogmáticos). Si acaso, hay menosprecio del precio, que no del valor de lo estructural. Pero es precisamente lo económico el factor determinante de lo funcional en ingeniería, el que despoetiza y destruye, paradójicamente, cualquier intento de alcanzar lo estético a través de la pureza funcional. Lo económico se impone poco a poco a partir de la Segunda Guerra Mundial, eliminando las láminas de hormigón armado del mapa constructivo y convirtiendo el hormigón pretensado, de algo puro y esencial como era en los hormigones *nobles* de Freyssinet, en algo confuso y borroso, de límites sucios, como son los hormigones de hoy, deliberadamente mezclados, impuros, donde todo es posible si económicamente es rentable.

Otros grandes ingenieros que han sido poco valorados a pesar de su importancia cultural son, por ejemplo, Félix Samuely (Viena, 1902 - Londres, 1959) que fue el ingeniero de cámara de los mejores arquitectos del movimiento moderno en los años treinta y coautor del Plan Mars de Londres, o el ingeniero danés Ove Arup, muerto en enero de 1988 a los noventa años de su

edad. Derek Walker lo ha llamado el Stephenson del siglo XX. Es el autor de las estructuras de la Ópera de Sydney y del Centro Pompidou. Célebres arquitectos contemporáneos han reconocido cuándo le deben. Ha creado una escuela de ingeniería única en el mundo. Sin embargo, su nombre es absolutamente desconocido en el mundo de la cultura. Él dijo que después de la muerte de Freyssinet ya no había lugar a la invención en la ingeniería civil. Sin embargo, desde su modestia y misantropía, ha sido fuente de inspiración y modelo para decenas de ingenieros, que aprendían a su lado la obsesión por la calidad, el amor a los detalles y la obligación de no hacer proyectos rutinarios, sino utilizar la experiencia previa para la búsqueda de una solución siempre mejor que la anterior, intentando salvar el abismo que separa la creación de la aburrida mediocridad.

Por todo ello, los ingenieros de hoy nunca debemos olvidar el valor y el ejemplo de los grandes ingenieros del pasado, quienes poseyeron un alto grado de pensamiento crítico, sensibilidad emocional y control moral. Durante algún tiempo, sus obras sirvieron para el uso para que fueron proyectadas y, después, para otras muchas y variadas funciones. Nunca acumularon conocimientos teóricos ni experiencias, sin que se enriqueciera su refinamiento emocional. Acometieron osadas empresas que, aunque criticadas fuertemente en su día, acabaron por ser benéficas para los hombres.

Provocaron la cólera de los mandarines porque, con su obra libre y rigurosa, arruinaban el fetichismo de la cultura y otras vanas presunciones. Con la desmesura de sus estructuras, los ingenieros quebrantaron *las buenas formas* e irrumpieron con violencia jacobina en el mundo de la construcción blandiendo sus incomprensibles disonancias, sus nuevos y terribles materiales al desnudo y su irritante ausencia de estilización, abriendo una profunda herida de la que todavía no se ha recuperado la arquitectura. Fueron más creadores de estructuras que críticos de sus compañeros: nunca les gustó vivir del trabajo de los demás, e intentaron sacar la belleza del «Parque protegido de la Sociedad Occidental» para mezclarla con la vida. Fueron como brujos que ejercían un arte nacido siempre de necesidades colectivas. Por eso, sus grandes construcciones alcanzaron la categoría de símbolos públicos.

No alejaron demasiado de sí lo inferior, aunque tampoco se mezclaron demasiado con ello. Desterraron los chapados y otras miserables chapuzas que degradan el arte de construir. Cuando más grandes, más atrás dejaron la nacionalidad. Fueron orgullosos, pero nunca extravagantes. Arremetieron contra la inercia de lo presente, y más allá de lo conocido, fueron a dar con lo extraor-

dinario. Supieron expresar con sus obras lo que los demás ingenieros sentimos sólo de un modo confuso.

Aquellos ingenieros del siglo XIX y principios del XX, celosos, orgullosos y cultos, eran dueños de la técnica. Tenían aquellas virtudes que supo ver Thomas Mann cuando eligió a un ingeniero como protagonista de su *Montaña mágica*: «Un hombre sencillo, inocente y curioso, un ingeniero en el alto sentido de la palabra. La materia prima de la que está hecho oculta un proceso de perfeccionamiento que le hace capaz de afrontar las mayores aventuras en el orden sensual, moral e intelectual que nunca habría soñado».

Los grandes ingenieros del pasado están más vivos que nunca. Sin embargo, con sus obras, sucede lo que con las uvas de la fábula, que están fuera de alcance, que producen esa alergia actual que se siente hoy hacia todo lo que es grande, siendo la cantidad no tan indiferente a la calidad como parece. Su recuerdo persiste entre nosotros. Son inmortales.

UTILIDAD Y BELLEZA

Por razones históricas y culturales, en nuestra Escuela de Caminos se ha respirado, respecto a los problemas formales de la ingeniería, un aire funcionalista, heredero de una tradición que se remonta a mediados del siglo XVIII. Es la «actitud de humildad, de ascetismo, de mínimo consumo» que predica Fernández Casado, es la idea de que «la simplicidad es una virtud», de Torroja. Frente al vaivén de modas sucesivas en las Escuelas de Arquitectura, en la nuestra existió, a lo largo de dos siglos, un constante deseo de severidad funcionalista.

Se insistía y se insiste en la enseñanza convencional, en que lo importante es *la idea*, no la apariencia. «Antes y por encima de todo, está la idea moldeadora del material en forma resistente», dice Torroja. Esta actitud es herencia del neoplatonismo que ejerció gran influencia contra la *forma sensible* para dar realce al *contenido*. En ingeniería civil no se tolera que la forma alcance por sí misma la categoría de la belleza, si no viene avalada previamente por la idea. Esta dicotomía no ha hecho sino favorecer la discordia entre contenido y forma, entre idea y materiales, entre teoría y práctica.

Es indudable que, entre los ingenieros, educados en una tradición racionalista-empírico-positivista, ha existido una mezcla de menosprecio por el arte y de temor a que se cuestionara la consistencia científica de su trabajo, lo que les indujo a pensar ingenuamente que podrían prescindir de la estética en los proyectos y construcción de sus obras.

Es un hecho constatable que los grandes creadores de obras de ingeniería del siglo XIX no reaccionaron nunca contra esta ruptu-

ra entre utilidad y belleza y que, en los casos en que lo hicieron, sus argumentos fueron pobres y débiles. Los ingenieros no estaban preparados para un debate teórico de este tipo de indudable trascendencia filosófica⁸. Su falta de participación, por carecer de tiempo y de capacidad dialéctica en debates prolongados sobre cuestiones estéticas, consagró la opinión de su desprecio por ellas. En esas polémicas siempre eran desbordados por quienes sólo se dedicaban a hablar y escribir, mientras que ellos, ocupados por un trabajo práctico inmenso, arriesgado, inventivo, con plazos y presupuestos ajustados, no tenían tiempo para especulaciones teóricas. Desde un punto de vista histórico, el abandono por parte de los ingenieros del siglo XIX del debate en torno a la relación utilidad-belleza significó, como dice Ortega, que «mientras los ingenieros se están ocupando en su faena particular, la historia les quita el suelo de debajo de los pies».

Su actitud general fue, o moralista —el pueblo quiere nuestras obras, aunque no gusten a unos pocos estetas, porque significan el progreso, la salud y el bienestar— o funcional —la belleza de una obra reside en su utilidad—. Actitudes ambas que significaron un alejamiento cada vez mayor de los ingenieros respecto al arte y los problemas estéticos.

Pese a este distanciamiento del arte, tanto Eiffel como Telford o Roebling, se sintieron siempre arropados por la opinión mayoritaria de sus conciudadanos, quienes veían en sus obras una forma directa de luchar por el desarrollo económico. Desdeñaron siempre las opiniones de los arquitectos o de los mandarines del arte que ponían en duda su trabajo, crítica que, por otra parte, los creadores técnicos sufrieron constantemente con escasas excepciones.

Pero contra lo que podría creerse, aunque, a partir del funcionalismo estructural del siglo XVIII, lo convencional en el diseño de obras de ingeniería civil haya sido olvidar los problemas estéticos, la belleza de sus obras fue problema íntimo fundamental para los grandes ingenieros.

Telford, Eiffel, Roebling, Torroja, Maillart, Nervi, Freyssinet o Fernández Casado, sintieron (aunque muchas veces no lo reconocieran) la dimensión estética como algo esencial de la obra de ingeniería.

Las preocupaciones estéticas de los grandes ingenieros se ponen de manifiesto si contrastamos su pensamiento con sus obras. Su declarado funcionalismo queda entonces matizado, rebatido, por un proceder que no es siempre tan funcionalista. Veamos algunos ejemplos.

A poco que estudiemos sus escritos y sus obras, es claro que en ellas late una intencionalidad estética que, sin embargo, les daba muchas veces reparo confesar ante sus clientes, probablemente porque pensaban que este sentimiento pudiera disminuir su prestigio técnico que, no exento de misterio, les proporcionaba un indudable carisma ante el pueblo.

John Smeaton, nacido y muerto en el setecientos, considerado el primer ingeniero civil en el sentido moderno del término, fundó la primera agrupación de ingenieros civiles (una especie de club minoritario de amigos preocupados por cuestiones profesionales). Consciente de que los ingenieros jugaban un nuevo papel en la construcción, consideraba absurdo el empleo de órdenes clásicos en los puentes, así como cualquier ornamento derivado de los estilos arquitectónicos. Según Smeaton, «el ornamento de la ingeniería crece naturalmente de su propio propósito». Declaraba: «soy autodidacta y tengo mi propio estilo». Para él, «los puentes deben ser simples y castos», de ahí que posean «una especie de elegancia» que no está necesitada de ornamentos ajenos. Pero las opiniones estéticas de Smeaton no se corresponden con sus proyectos reales. En efecto, en sus obras de puentes demostró una total indiferencia a todo cuando no se refiriese a la cimentación y a los problemas hidráulicos. Las formas le preocupaban tan poco que, o bien las copiaba, o bien se sometía con gusto a las órdenes de quienes le pagaban. Las formas puras y castas «que crecen de su propio propósito» no existen en la obra de Smeaton.

Thomas Telford, aquel genial gigante escocés que tenía la severidad, la elegancia y la sabiduría de Velázquez, se comportaba como un ingeniero funcionalista, tanto en sus teorías como a la hora de criticar a los demás, en especial, a su paisano y colega John Rennie, quien sólo le superaba en estatura. Telford nace en agosto de 1757, cinco meses antes de nuestro Betancourt (1 de febrero de 1758), diez años después de la fundación de la famosa École des Ponts et Chaussées, el mismo año en que Smeaton comienza la construcción del faro de Eddystone. Hijo de un pastor, Telford era de origen muy humilde, como George Stephenson. Aunque llegara a ser el director de todo el plan integral de transporte por carreteras y canales de Inglaterra y Escocia (habiéndose iniciado trabajando de cantero), sus principales clientes a lo largo de su vida profesional fueron privados: capitalistas, terratenientes e industriales con fe ciega en el crecimiento continuo y en el progreso.

⁸ Para eludir el debate de la cuestión estética en las obras públicas, los ingenieros utilizaron reiteradamente el pobre recurso de citar la máxima romana «De

gustibus non disputandum est», que defendía la subjetividad en los asuntos estéticos.

Telford pensaba, como buen funcionalista, que la belleza de una obra de ingeniería depende sólo de la adecuación a su propósito. Era por ello intransigente respecto a la decoración clásica o griega, que consideraba inoportuna para los puentes. Telford exigía en sus escritos la mayor simplicidad y funcionalidad, concediendo la decoración sólo en las obras urbanas, y siempre que estuviese subordinada a las partes esenciales de la estructura. A pesar de esta postura teórica, Telford fue, sin embargo, capaz de construir torres medievales en el Puente Tongueland (1809), con pretilos almenados y una sillería rugosa sofisticada y artificial, así como arcos ojivales neogóticos en los accesos. Telford estaba tan orgulloso de este puente como del puente metálico de Craigellachie (1815) que, construido en medio del campo, también se decora con pintorescas torres separadas del puente y sin cumplir ninguna misión resistente.

Aunque nunca lo admite, la búsqueda de la belleza se esconde en las secretas intenciones de Telford cuando argumenta la necesidad de sus soluciones. Así, cabe recordar aquí los grandes y complicados biseles con que remató la bóveda elíptica del puente de Gloucester sobre el río Severn (1830), escudándose en pretextos hidráulicos inexistentes, sin poder resistir la tentación de construir al menos un puente con los célebres *cornes de vâche* que Perronet había universalizado en Neuilly medio siglo antes (recogiendo una tradición renacentista que comienza en los puentes de Toulouse y de Châtellerauld), artificio que, según Telford, daba a su puente «un carácter aéreo y de gran ligereza»⁹.

Un ejemplo de esta actitud es la singular ampliación del viejo puente medieval de Glasgow (1819) por medio de una transparente estructura de fundición, apoyada sobre los tajamares de las pilas. Telford argumenta la excelencia de su solución, basándose estrictamente en razones estéticas: «Así mejorado, el puente resultó no sólo más cómodo, sino incluso ornamental, ganando originalidad y ligereza gracias a las sombras proyectadas por la estructura metálica sobre la vieja fábrica». La solución de Telford ilustra el modo de actuar de un ingeniero funcionalista valiente y moderno ante el conocido problema que plantea el ensanche del tablero de un puente por nuevas exigencias del tráfico. Telford no sólo evita la destrucción del puente (solución todavía utilizada normalmente hasta hace muy pocos años), sino que elude tam-

bién la opción de ensancharlo, imitando las trazas del puente antiguo. Telford se enfrenta decididamente al problema con una solución que, respetando plenamente el puente viejo, deja la huella indudable de su mano y de su época¹⁰.

Otro ejemplo curioso de este comportamiento contradictorio de Telford son las tracerías góticas innecesarias que figuran en su proyecto, realizado en 1800, de un gran puente metálico de un solo vano sobre el Támesis, en Londres.

En otras ocasiones, no fue la búsqueda de la belleza, sino otros fines, inconfesables, los que le condujeron a adoptar ciertas posturas estéticas. Hemos mencionado ya que Telford rechazaba la decoración clásica de los puentes. Argumentaba, para ello, que los entablamentos y columnas clásicas que utilizaba Rennie en sus puentes eran impropios, porque procedían de los templos griegos, donde no había arcos, y porque su incorporación en tímpanos y pilas no permitía la utilización de contrafuertes sobre los tajamares. Pero seguramente, lo que en realidad no podía soportar Telford es que el puente de Waterloo (1811-1817) de Rennie, con su decoración neogriega, fuera considerado por los ingleses el más hermoso de Londres.

Frente a esta aversión por lo clásico, Telford no sentía ningún reparo en utilizar elementos góticos en sus puentes. Esa decoración le fue, a veces, muy útil para alcanzar sus objetivos profesionales. Se ha dicho que Telford proyectó su curioso puente gótico de Clifton para impedir la construcción del grandioso vano de 215 m de luz proyectado por I. K. Brunel, que sin duda hubiera dejado pequeño su puente record de Menai, pretextando que un tramo colgante no podría superar nunca los 600 pies de su obra cumbre. Es posible que Telford se sintiera muy incómodo con la aparición de aquel terremoto viviente que era el joven Brunel, con su irritante suficiencia y su ambición ilimitada, y se viera forzado a proyectar el puente de Clifton con altísimas torres góticas que, en vez de surgir en la llanura elevando sus flechas al cielo, se apoyan en lo profundo de una garganta. Contradicciones entre lo útil y lo bello; entre lo estrictamente necesario y los propósitos últimos¹¹.

A Eduardo Torroja le hubiera complacido conocer la anécdota de Betancourt que antes he referido. Tanto en sus lecciones de tipología estructural en la vieja Escuela del Retiro (donde fui

⁹ Robert Mylne había intentado ya, en su puente de Black Friars sobre el Támesis (1769), la realización de tajamares «parecidos a la proa de un barco», esto es, en ángulo pero redondeados en el arranque de las bóvedas.

¹⁰ Bien es verdad que no puede hacerse norma de esta respuesta de Telford al problema de los ensanches de tableros, ya que con la misma orientación en

lugar de una solución tan limpia y bella como esta de Glasgow, hemos visto en tantas ocasiones los destrozos históricos y estéticos más tristes e irreparables. Una vez más, el éxito de la solución depende fundamentalmente del talento del ingeniero responsable.

¹¹ Véase nota 3.

alumno suyo durante tres cursos seguidos, entre 1955 y 1957) como en su célebre libro *Razón y ser de los tipos estructurales* (Madrid, 1960), Torroja juzgaba odioso y proscrito el hecho de que la apariencia de una construcción induzca a pensar que sus fenómenos, funcional y resistente, son otros totalmente diferentes de los reales que se ocultan en su estructura interior. Siempre nos habló Torroja de la simplicidad como virtud, de austeridad, de independizar y separar la ornamentación —si no fuera imposible evitarla—, destacándola por contraste sobre lo puramente resistente, uso este curiosamente coincidente con el de algunos grandes arquitectos barrocos. Como buen funcionalista, Torroja desprecia en sus teorías la ayuda ornamental y odia el engaño estructural. Sus ideas están próximas a la veracidad de la arquitectura predicada por Lodoli en el siglo XVIII: construcciones sin ornamentos, sometidas escrupulosamente a la índole y cualidades específicas de los materiales empleados, así como a los fines a que se destinan. Torroja desea que las estructuras den sensación de poderío, de fuerza, y al mismo tiempo, de ligereza, de gracia y sencillez, expresando «la graciosa potencialidad tensional de que son capaces, reflejo del triunfo de la técnica». A diferencia de Carlos Fernández Casado, que pide «la mínima alteración del paisaje», Torroja utiliza «el paisaje como zócalo y acompañamiento» de unas construcciones que, «con su dinamismo y proporciones, se imponen sobre el paisaje, dominándolo», aunque «deben rimar con él». Torroja desea para los puentes la originalidad y la soltura de los atletas, que salven los grandes vanos «sin apariencia alguna de penoso esfuerzo ni de trabajada técnica, como si el límite de sus posibilidades estuviera más allá todavía». Y es aquí donde el gran ingeniero funcionalista entra en contradicción consigo mismo. Nada más complejo, menos simple y menos sincero que esta apariencia que no pide, donde priman los valores psicológicos y estéticos, ocultando el gran esfuerzo tras una facilidad aparente, como si aún fuéramos capaces de mucho más. Nada más barroco que este como si que nos propone Torroja, que este disimulo artístico de la complejidad, que nos trae a la memoria inevitablemente el mágico Transparente de Toledo y la fascinante composición irreal óptico-simbólico-geométrica de los seis espejos de las Meninas, descubierta por Ángel del Campo.

Eduardo Torroja, maestro y profesor inolvidable, predicador del funcionalismo, antibarroco en sus teorías, nos pedía la mayor claridad estructural mientras ocultaba detrás de su profunda timidez un corazón de artista barroco. Él decía cosas que no deben

nunca olvidar los ingenieros de hoy. Por ejemplo, que el criterio económico aislado es un mal consejero; por ejemplo, que la economía de primer establecimiento no tiene derecho a ser el factor decisivo; por ejemplo, que aunque la resistencia de una obra de ingeniería es una condición fundamental, no es la finalidad única, ni siquiera la finalidad primaria; por ejemplo, que no interesa construir obras de ingeniería que causen admiración, si no producen emoción estética¹².

Freyssinet se ocupó muy poco en sus escritos, por no decir nada, de las cuestiones estéticas de sus obras. Incluso le molestaba hablar de ello, si se le preguntaba. Era un funcionalista técnico, es decir, consideraba que la belleza, si es que pudiera haber alguna en las obras de ingeniería, sólo podría derivarse de la más alta pureza estructural, de la técnica más avanzada y exigente, quedando lo económico en segundo plano. Pero eso no impide que, al acercarnos a sus obras, advirtamos composiciones y detalles derivados sólo de indudables planteamientos estéticos. Daré unos ejemplos. En el puente de Boutiron, las bellas bóvedas en rincón de claustro bajo el tablero son tan innecesarias como el precioso dibujo de la barandilla de hormigón prefabricado, que ha llegado intacta a nuestros días. A pesar de las enormes dificultades técnicas y económicas que Freyssinet afrontó en estos puentes sobre el río Allier, antes de cumplir los 30 años, le quedaba tiempo para preocuparse por los detalles bien proyectados, desde una armoniosa disposición de los encofrados de madera hasta unos acabados superficiales del hormigón muy homogéneos y de gran personalidad, probablemente debidos al empleo de un exceso de agua y a su incesante obsesión por la vibración.

En el puente de Villeneuve sur Lot también son innecesarios, sólo justificables por razones ambientales y de encaje en el entorno, las fábricas de ladrillo de medio pie que envuelven los montantes y los alzados del tablero al modo del *opus latericium* romano. Deben tener el mismo fin gratuito los tres berengenos longitudinales de perfil triangular que rompen estéticamente el alzado de las bóvedas gemelas de hormigón, produciendo un impresionante efecto de aligeramiento.

Otro ejemplo de esta preocupación de Freyssinet por la belleza son las vigas cajón huecas que hacen de diafragmas transversales en los arranques de las bóvedas de St. Pierre de Vauvray. Solución rotunda, tan bella como antieconómica. Cuando se reconstruyó el puente, después de la Segunda Guerra Mundial, sin ser Freyssinet el responsable, se sustituyeron estos diafragmas

¹² Véase nota 4.

por otros muchos más funcionales y económicos pero eso sí, tan horrorosos que alteran gravemente toda la belleza del conjunto de la obra.

Las curvas innecesariamente refinadas en ambos sentidos (transversal y longitudinal) en su puente de Orly de viga cajón continua o los preciosos apoyos en forma de V de su obra póstuma, el puente de St. Michel en Toulouse, son otros ejemplos de su secreta búsqueda de lo bello¹³.

El proceso mediante el cual lo funcional fue echando raíces cada vez más profundas en la mentalidad de los ingenieros fue acompañado de la bien conocida separación profesional entre arquitectos e ingenieros, una grieta que al cabo de un siglo sería casi un abismo insalvable. Los arquitectos, en general, consideraban la máquina como responsable principal del progreso hacia la utilidad, el principal villano que traían los ingenieros, símbolo de la fealdad, estigma de la época. A Eiffel, le llamaban despectivamente «constructor de máquinas» y su Torre de 300 metros era la gran máquina, el gran horror de la técnica.

Contribuyó esencialmente a este distanciamiento entre arquitectos e ingenieros el que éstos comenzasen a afrontar sus problemas de construcción más con principios matemáticos que con reglas experimentales o bellas proporciones. Belidor, ingeniero militar de origen catalán, aplicaba ya principios matemáticos a la construcción en su tratado *Science de L'Ingénieur* (1729). La profesión de ingeniero civil se desliga desde esta época tanto de los artistas universales italianos (arquitectos, pintores, escultores), como de los aristócratas ingleses (estudiosos y *amateurs* de la arquitectura de la Antigüedad). Como dice Collins, «sólo los ingenieros sacaron partido de la información científica de este tiempo, y tenían que pasar dos siglos hasta que los arquitectos prestaran seria atención a las posibilidades de este tipo de estudios».

También contribuyó a la separación progresiva de estos dos colectivos el hecho de que entre los ingenieros no hubiera batallas de modas o estilos, aunque tampoco se librasen de ellas. Los ingenieros se mueven en general en una especie de eclecticismo controlado, siguen formas y tipología que se imponen por razones económicas, constructivas o de fabricación de materiales. Aunque haya una inconsciente permeabilidad internacional en las formas y a veces un inconfesado o inconsciente mimetismo de los maes-

tros, lo que se puede afirmar es que no hay *ismos* en ingeniería civil, al menos de modo deliberado.

En la ingeniería civil conviven formas, tipologías y materiales en combinaciones muy diferentes, siempre en competencia unos con otros. Los años que transcurren entre el final del siglo XVIII y la primera mitad del siglo XIX son un ejemplo nítido de esta distinción: mientras que la arquitectura toda se transformaba en bloque de barroca en neoclásica, y luego, de neoclásica en romántica¹⁴, en ingeniería civil compiten entre sí con fuerza tanto los diferentes modos de transporte (carreteras, canales y ferrocarriles) como los distintos materiales (madera, piedra y hierro) y tipologías estructurales (colgantes, celosías, cajones huecos y bóvedas), de forma que las combinaciones son múltiples. La competencia técnica y económica entre las distintas soluciones no se manifestaba sólo a corto plazo, sino también valorando la conservación; se trataba tanto de una competencia comercial, de lanzamiento e imposición de nuevos materiales, simbólica, que buscaba el triunfo de la última solución sobre las precedentes, tal como sucedió con las estaciones de ferrocarril, como de competencia nacionalista, cuyo ejemplo más evidente fue la larga lucha entre la celosía, la viga «americana» por excelencia, contra la viga cajón, genial creación «inglesa» de Stephenson. En muy escasas ocasiones encontraremos una competencia netamente estética entre ingenieros, a pesar de que la belleza se use como arma decisiva en los duros debates que precedían el fallo de los innumerables concursos de adjudicación de obras públicas.

Como fruto de esta competencia entre modos de transporte, tipologías y materiales, las polémicas fueron, a veces, feroces e intransigentes. Así, la de Stephenson con Roebling en torno a la tipología del famoso puente con dos niveles para carretera y ferrocarril sobre las cataratas del Niágara. Mientras Stephenson defendía una solución basada en una gran viga cajón cerrada, Roebling propuso un extraordinario puente colgante. A Stephenson le costaba aceptar que el puente colgante de Roebling de 250 m de luz, record del mundo en aquel momento, pudiera utilizarse para el ferrocarril. «Si su puente sirve, el mío de Britannia es una estupidez», escribió a Roebling, quien, a pesar de las reticencias de sus colegas europeos, construyó su puente, que dio servicio perfectamente durante un siglo, hasta que fue sustituido por otro más moderno, sin ningún interés técnico ni estético. Otro ejemplo es

¹³ Véase nota 5.

¹⁴ Igual que en estos últimos años la mayoría de los arquitectos abandonaban el movimiento moderno para abrazar el postmodernismo, pasando del acero

y del cristal al ladrillo con fajeados de piedra y de los grandes dinteles de acero a los arcos de medio punto.

la oposición casi paranoica de Telford, anticipado defensor de las carreteras un siglo antes de su imposición general en el transporte, contra el ferrocarril de Stephenson, boicoteándole sin piedad con todo su poder oficial allí donde podía.

Los ingenieros no tenemos que apellidar nuestro trabajo con *ismos*. Lo que subyace en nuestro trabajo es una actitud no doctrinaria para resolver los problemas que surgen. El ingeniero civil hace su trabajo en un clima de mayor libertad respecto al «cliente», ese personaje que interviene y controla continuamente al arquitecto. Hoy apenas conserva el ingeniero civil su aura de mago, que le benefició al máximo en el siglo XIX gracias al mítico poder que las matemáticas poseen en el fundamento de su quehacer. Todavía Le Corbusier afirma que «el ingeniero, inspirado en las leyes de la economía y gobernado por los cálculos matemáticos, nos pone de acuerdo con la ley universal y alcanza la armonía».

Pese a su libertad de actuación, lo que nunca hará un buen ingeniero es derrochar *a priori* para garantizar con exceso y para su cómoda tranquilidad la seguridad de una obra. Se moverá a solas con su conciencia en el límite de lo justo. Lleva muy dentro siempre su propia exigencia y la responsabilidad moral de gastar sólo lo necesario, aun a costa del riesgo que asume y al que nadie le obliga. Su cliente nunca es un millonario excéntrico, ni un político con deseos de pasar a la posteridad. Su cliente es la anónima base social que paga sus impuestos y que nos exige obras funcionales, económicas y al mismo tiempo, hermosas.

Existe entre los ingenieros un deseo de auto-ocultación (involuntario la mayoría de las veces, manifiestamente deliberado en ocasiones, como es el caso de Freyssinet), un desdén hacia el protagonismo en inauguraciones y otros festejos, una cómoda y silenciosa retirada a un segundo plano cuando la obra ya está finalizada y los problemas están resueltos. Al contrario justamente de lo que sucede cuando surgen en las obras públicas las graves complica-

ciones de todo tipo, los imprevistos, las veleidades de la naturaleza con sus fuerzas incontrolables, los heridos, los muertos... Entonces los que están en primera fila dando la cara siempre son los ingenieros, mientras los demás se esfuman por arte de magia. Juan Benet expresó este sentimiento con su precisión habitual cuando sus compañeros le concedieron el título de Colegiado de Honor¹⁵.

Los ingenieros estamos convencidos de la contingencia de los acontecimientos naturales, sabemos que hay circunstancias imprevisibles, y lo aceptamos humildemente. La arrogancia no pertenece a nuestro gremio.

Pausanias cuenta las dificultades que tuvo Alejandro para cortar el istmo de Corinto y hacer una isla del Peloponeso: «fue lo único que, aun queriéndolo, no pudo conseguir... Tan difícil le es al hombre forzar las cosas hechas por los dioses». El gran ingeniero francés Navier, que se anticipó a todos en la formulación de métodos comprensibles de análisis estructural, fracasó sin embargo con su famoso puente colgante sobre el Sena en París. El puente, casi acabado, tuvo que ser desmantelado por una serie de trágicas circunstancias, tal como cuenta Straub: mal subsuelo, dificultades de drenaje, celos y envidias. Navier pensaba amargamente que «emprender una gran obra es disputar con las fuerzas naturales una lucha de la que no se puede asegurar salir vencedor al primer ataque». El más grande ingeniero de presas de todos los tiempos, Coyne, no pudo soportar el hundimiento de su presa de Malpasset, y se suicidó.

En la placa de inauguración de 1929 del puente de Plougastel, que todavía puede verse en la cabecera de la margen derecha, aparecen diez nombres de políticos que hoy nadie recuerda. No busquéis el de su creador, Eugène Freyssinet, porque no lo encontraréis. Cuando Isabel II de Inglaterra inauguró el gran puente colgante del Forth, apareció un gran artículo en el *Times* que mencionaba a cuantos políticos y administradores lo habían

¹⁵ «No puedo concluir mis palabras, señor Ministro, sin dedicarlas a algunos compañeros nuestros que por el mero hecho de cumplir con su obligación se encuentran hoy sentados en el banquillo de los acusados para responder a una demanda que, ni siquiera en el supuesto de que sus vidas tuvieran un precio, nunca podrán abonar. Ante su caso todo aquel con un mínimo sentido de responsabilidad tendrá que decir para sus adentros: «Me podía haber tocado a mí». Dejando de lado su mayor o menor acierto para actuar en unas horas críticas, y sin el menor deseo de prejuzgar unas conductas cuya sanción está en la conciencia designada para el caso, me parece evidente que su posible culpa está implícita en la aceptación de su función, como encargados de celar unos poderes que sólo la exigencia de la sociedad obliga a considerar gobernables. Al Júcar no se le puede castigar, como castigó el rey Darío al Ponto, azotándolo con cadenas por haber desbaratado con una de sus tormentas el paso de su ejército, y por

tanto una justicia necesitaba siempre de un culpable lo buscará entre los encargados de gobernar al veleidoso y exterminador río. Si hubieran actuado de otra manera también habrían hecho daño, y quizá mayor, porque si el Júcar quiere hacer daño lo hará, saltando por encima de todos los cálculos y estadísticas. Me preocupaba por las satisfacciones que puede encontrar en su profesión el ingeniero de hoy y encontraba en la *felix culpa* una posible respuesta. En una sociedad regida por el Estado, los Bancos, las multinacionales, el consumidor y la protesta social, el ingeniero sólo aparece como protagonista en las horas de tragedia y su mejor ejecutoria consiste en conseguir día tras día que la tragedia sea un hecho excepcional, tan excepcional como para que se produzca unas pocas veces al año, como para que el nombre del presunto causante permanezca aureolado por el anonimato de los que consiguen la diaria normalidad. En nombre de esa anónima corporación, muchas gracias a todos».

hecho posible. No figuraba allí ni una sola mención a los ingenieros que lo crearon. ¿Quién conoce cualquiera de los formidables ingenieros de Freeman Fox que durante 130 años ininterrumpidos proyectaron una impresionante colección de estructuras que culminan con el puente de Humber? ¿Qué aislamiento el de la ingeniería civil, no sólo del mundo del arte, sino del de la cultura en general!

Además de las dificultades de tipo técnico, la carencia de modas ha alejado a los historiadores del arte del estudio de las obras públicas, sobre todo de las contemporáneas. Cuando las obras son centenarias es más sencillo su encaje en las convenciones históricas. Cuando aparecen ante nuestros ojos, ¡qué difícil reconocer lo que alienta en ellas de renovador, el contenido de futuro que ocultan! De otro modo, sería inexplicable que tanto Max Bill como Siegfried Giedion no advirtieran el genio de su contemporáneo Freyssinet ni la potencia revolucionaria de su invento del pretensado y que, en cambio, percibiesen lo destacado de la personalidad de Maillart, cuya obra roza lo arquitectónico. Por otra parte, su lejanía contribuye también a aumentar este desconocimiento de las obras de ingeniería. Situadas en el campo, en una naturaleza distante y poco visitada, en contacto con los ríos, las costas y las montañas, estas obras son poco conocidas de los habitantes de las grandes ciudades que forman el mundo de la cultura.

La funcionalidad de lo placentero y lo bello no es exclusiva de ninguna civilización y sigue hoy tan presente como en la prehistoria. Robert Ardrey ve ya en el hacha de mano paleolítica tecnología y arte. «En efecto, el hacha de mano era *innecesariamente* hermosa. Su simetría y la delicadeza de su terminación van mucho más allá de las exigencias funcionales. Habría sido igualmente eficaz un instrumento mucho más tosco y mucho más fácil de trabajar. ¿Para qué tomarse todo ese trabajo?» La coexistencia de utilidad y belleza se percibe en otra de las creaciones humanas primeras: el arco. Los etnólogos todavía discuten si la forma primitiva del arco es el arco de guerra, el arco constructivo o el arco musical. Sin embargo, menos importa el origen que el hecho de que el arco sea una creación técnica, una reacción contra el medio, una adaptación del medio al sujeto. De ahí que el teorema de Lamarck («La forma sigue a la función») sea un principio terriblemente ambiguo y sus corolarios no sean tan exactos ni matemáticos como creen los funcionalistas a ultranza. Por un lado, la forma no siempre cambia cuando varía la función, sino que se adapta perfectamente a distintas necesidades funcionales. Por otra parte, existen funciones más complejas y sutiles —el placer, la comodidad, la belleza— que pueden dar lugar a nuevas formas. La propia expresión del ingeniero es una función de la obra de inge-

nería. Como decía Julian Huxley, no debemos abandonarnos a la «costumbre perniciosa de evaluar todo proyecto humano en términos de utilidad». Ortega y Gasset nos recuerda que «el hombre primitivo no sentía menos como necesidad el proporcionarse ciertos estados placenteros que el satisfacer sus necesidades mínimas para no morir», cómo «desde el principio, el concepto de necesidad humana abarca indiferentemente lo objetivamente necesario y lo superfluo», cómo «el hombre no logra prescindir de ciertas cosas superfluas y cuando le faltan, prefiere morir». Y Ortega exagera para ser comprendido: «Para el hombre sólo es necesario lo objetivamente superfluo». «La técnica es la producción de lo superfluo, hoy y en la época paleolítica». (*Meditación de la técnica*, Buenos Aires, 1939).

Los ingenieros a veces olvidamos que la dicotomía funcionalidad-belleza no significa sino la incapacidad de satisfacer lo que las gentes quieren: funcionalidad y belleza. Nadie debe verse forzado a elegir entre ambas. Es necesario superar el viejo lugar común, heredado desde la Revolución Industrial, que equipara lo útil con lo antiestético. El ejercicio de la ingeniería no es cuestión sólo de ciencia, sino también de carácter, finura de percepción, entusiasmo y pureza de emoción. Para decirlo con la claridad de George Santayana, «la belleza no depende de la utilidad; está constituida por la imaginación, con ignorancia y desprecio del beneficio práctico; pero no es independiente de lo necesario, porque lo necesario es lo habitual y, por consiguiente, el fundamento del tipo y sus variaciones imaginables»; que «aunque ese particular aire estético puede ser la última cualidad que advirtamos en los objetos de interés, práctico, su influencia sobre nosotros no por ello es menos real, e influye en nuestra actitud moral y práctica».

LAS FORMAS

Si hay un problema estético que sea sobresaliente y característico que atraiga específicamente a un espíritu con inquietudes estéticas, ése es el de la belleza de la forma. Los ingenieros cayeron en general en la ilusión de universalizar la función, aprehendiéndola de manera abstracta con sus formas técnicas. Pero aun en las épocas donde ha predominado un rechazo general a lo formal, a la forma sensible, los ingenieros más funcionalistas adoptaron, aunque fuera inconscientemente, criterios estéticos concretos y consideraron un factor decisivo, aunque muchos lo negaran, la belleza de las formas de sus obras.

El ingeniero italiano Pier Luigi Nervi, que fue siempre un honrado e ingenuo funcionalista, creía en la «natural expresividad estética de una buena solución constructiva». Para Nervi, «una buena organización estructural estudiada apasionadamente en su conjunto y en sus detalles» era, sin excepciones, la condición necesi-

ria y suficiente para conseguir la belleza. No obstante, pienso que existen, sobre todo en los dos últimos siglos, suficientes ejemplos históricos de lo contrario. La historia de la Arquitectura y de la Ingeniería Civil está llena de obras estéticamente deleznable, aunque perfectamente organizadas, maravillosamente calculadas, estructuralmente perfectas y construidas con el mayor esmero. Nada más equivocado que subordinar la belleza de las obras a los aspectos más técnicos, que creer que una obra funcional, bien calculada y perfectamente construida, es necesariamente estética. Con los mejores sentimientos se han escrito los versos más horrendos y con los mejores materiales y la técnica más depurada se han construido obras horribles, brillantemente calculadas y maravillosamente ejecutadas. Consciente de ello, el ingeniero francés Coyne, creador de bellísimas presas bóveda, decía a sus alumnos que «la belleza de las obras no se calcula». Y el propio Torroja afirmaba que «es extremadamente raro que se pueda estar seguro y demostrar que no existe más que una solución funcional que resuelva el problema y que no haya otra que la pueda resolver al menos tan bien».

Hay en la historia de la construcción no sólo ejemplos reveladores de cómo la técnica ha posibilitado provocado y potenciado nuevas expresiones formales sino que, al contrario, hay también ejemplos ilustres de cómo nuevos espacios, funciones y formas, han exigido nuevas técnicas para solucionarlos correctamente. Se trata, sin duda, de un proceso dialéctico que desemboca en la creación constructiva. La catedral gótica, el gran puente colgante, la estación de ferrocarril del siglo XIX o la presa bóveda, son ejemplos nítidos de este proceso. Porque tan absurda e irreal, es la tesis de que el análisis técnico y científico desemboca en la forma constructiva como la postura de Le Corbusier al pensar que la forma es caprichosa y que, una vez concebida, ya se construirá como se pueda. Como dice Rogers, en Nervi queda de manifiesto que «la intención artística de la forma y su consistencia material no pueden ser aspectos distintos de una concepción dualista que se dirige por caminos divergentes hacia resultados lejanos, sino momentos relacionados de un dramático proceso dialéctico que, si toma vitalidad de la presencia simultánea de fuerzas antinómicas, debe componerlas en una síntesis arquitectónica». Fernández Casado pensaba que «allí donde no llegue el plexo tensional en la corporiedad de nuestras estructuras, no tenemos nada que hacer». Es lo que Torroja definía como «fundir el fenómeno tensional con el efecto estético». El gran ingeniero danés Ove Arup pensaba que «el ingeniero tiene que estar tensionado», y afirmaba que «un ingeniero a quien no le importa la apariencia estética de su obra, sólo que resista y sea barata, un ingeniero que no cuide la elegancia, la limpieza, el orden y la simplicidad, sin que nadie se lo exija, no es

un buen ingeniero». Arup decía a sus alumnos que el éxito en una obra de ingeniería civil sólo es posible si la entidad resultante tiene «la calidad de lo total y la obvia perfección que distingue una obra de arte».

La Ingeniería Civil es una realidad proteica, en constante mutación ya que el repertorio de necesidades humanas es continuamente variable. La forma de nuestras obras es un resultado dialéctico de muchas contradicciones y condicionantes (económicos, funcionales, sociales, ambientales, etc.). Las formas, pues, no se derivan automáticamente de las exigencias funcionales y resistentes. Es empeño vano, decía Gaudí, creer que una cosa científica nos lleve directamente a formas artísticas. Y hasta un ingeniero tan funcionalista como Torroja confesaba que la creación de formas estructurales «escapa del puro dominio de la lógica para entrar en las secretas fronteras de la inspiración».

En la morfología actual de los tipos estructurales intervienen muchos factores. Por otra parte, cuanto más avanza la técnica de la ingeniería civil, tanto más se restringe para el ingeniero proyectista la elección de las formas. Este efecto, de todos conocido, suele combatirse a menudo superficialmente, creando una falsa variedad de formas sin intención estética alguna y sólo en beneficio del interés económico o del prestigio comercial. Que el avance en el conocimiento de las técnicas específicas no suela prestar atención a los problemas formales es justificable, porque no es necesario estar inventando formas nuevas cada día. Por otro lado, hay tipologías evolucionadas en los países más avanzados que se imitan automáticamente en los de menor desarrollo, y se establecen sin discusión como modas que duran muchos años. Algún día habrá que dejar constancia –por doloroso que sea– de quienes fueron de verdad los escasos ingenieros que apostaron, entre nosotros, por tipologías y formas nuevas frente a esos otros que cimentaron su prestigio a base de imitar, hasta en el menor detalle, formas y tecnologías extranjeras, aprovechándose de la ignorancia y el papatismo interior.

No hay tampoco que olvidar la influencia de lo meramente constructivo (la manera de construir, las instalaciones, los medios) en lo formal, aspecto éste decisivo en la concepción formal de las obras de ingeniería civil. Nervi decía que la belleza en ingeniería surge de una síntesis estática-estética con los procedimientos de construcción.

Tampoco podemos ser indiferentes a las formas del pasado¹⁶.

«Las formas del pasado tienen cierta persistencia... El hombre no olvida por completo las formas que idearon sus antepasados. Éstas vuelven una y otra vez. Siempre habrá renacimientos y siempre los habrá», dice Emil Kaufman, y en el mismo sentido el filósofo Manuel Ballester: «Nuestra propia racionalidad jamás podrá

edificarse sobre el desprecio o la indiferencia ante las formas de la racionalidad pasada que, cuando son sometidas a críticas —lejos de desvanecerse— nos entregan su propio núcleo racional, es decir, la verdad que ellas contenían, aunque quizá todavía en formas no enteramente racionales». Esta persistencia de las formas significa que en el subsuelo de toda obra hermosa de hombre aparece la conciencia de que existe una norma de lo armónico, de lo proporcionado, que no puede ser impunemente transgredida.

En este sentido, por ejemplo, no deja de ser curioso el paralelismo existente entre las formas puras y funcionales que encierran los espacios que construyeron los ingenieros más notables del siglo XX (entre los que los hangares de Orly serán el ejemplo supremo) y las suntuosas y ascéticas salas monásticas que los cistercienses erigieron durante el siglo XIII por toda Europa, San Bernardo, a quien podría considerársele con justicia el Santo Patrón formal de los ingenieros funcionalistas, no toleraba ni la riqueza decorativa de los cluniacenses, ni la falta de sinceridad estructural, ni la ornamentación que distraía de la lectura fundamental de los espacios. De ahí que rechazase los colores vivos de los cluniacenses sobre las paredes (rojo cinabrio, azul ultramarino y verde siena), pecados contra la verdad estructural. San Bernardo predica el gris para los muros, exige la piedra desnuda sin adornos, no soporta el lucimiento personal que implica la pintura, incompatible con la pobreza y el anonimato al que aspira. Por ello, prohíbe asimismo entre los monjes toda creación, ya sea de poemas o de esculturas, y para realizar sus obras, no reclama la ayuda de arquitectos o artistas, sino la de sus propios «monjes cistercienses, es decir, ganaderos, agrónomos, ingenieros forestales, maestros en la cría piscícola

y en las obras hidráulicas, pioneros en minería y metalurgia» (Braunfels). Pocas veces en la historia de la construcción se ha extremado tanto el dogma funcionalista, con resultados espaciales y estructurales tan puros; pocas veces se ha rechazado tan explícitamente y en tal alto grado la tentación de la belleza, se ha sentido tanto temor a la atracción fascinadora, innata al hombre, por la hermosura de las formas y de los colores¹⁷.

La esencia de la armonía, del ritmo y de las proporciones surge del número. Para el pensamiento pitagórico nada puede mantenerse en pie que no pueda reducirse, en último término, a número. El Prometeo de Esquilo llama al número la pieza maestra de la sabiduría creadora de la cultura. Apoyada en el número, surge la música, su relación es íntima. La música nos acerca a la pureza esencial de la forma. «Todas las artes propenden a la música, en que la forma es el fondo», dice Borges. Hay una misteriosa analogía entre la música y las obras de ingeniería, quizá debido a la oculta presencia del número. En los grandes músicos, como en los grandes ingenieros, cada obra es una crítica de la precedente, un progreso dialéctico, una autocorrección permanente por la experiencia. Tanto en música, como en ingeniería civil, la relación de cantidad y calidad es decisiva, es necesario unir en un todo armónico lo que en un principio es simultáneo, desordenado y contingente y, en ambas, la creación está dominada por esa tensión entre lo que es, al mismo tiempo, exigible e imposible.

La riqueza de medios técnicos de que hoy dispone el ingeniero ha conducido muchas veces a una banalización de las formas. Por ejemplo, en la obra de Ove Arup hay que distinguir la pureza estructural y la exigencia íntima del primer Arup, como las que

¹⁶ Un segundo aspecto de la obra de la ingeniería civil que, como el estético, no ha sido objeto normal de reflexión es el histórico. Aunque existen testimonios muy antiguos sobre obras de ingeniería, la Historia de la Ingeniería es un tema de estudio que sólo recientemente ha interesado a unos pocos investigadores en todo el mundo. Para trabajar en ello, es necesario un alto grado de conocimientos técnicos, y al mismo tiempo, una preparación humanista e histórica, formación poco común, dado que la especialización académica contribuye al aislamiento entre los estudios de humanidades y los puramente técnicos.

En las escasas universidades donde se profesan estas cuestiones se suele dar a la Historia de la Ingeniería y de la Técnica un carácter exclusivamente erudito, sin pensar en las realizaciones actuales. Sin embargo, lo fundamental de esta disciplina es que el ingeniero adquiera conciencia lo más exacta posible de su situación histórica dentro del largo avance, lento a veces, gigantesco en ocasiones, del proyecto y la construcción de obras de ingeniería civil: el arrojado de nuestros antecesores ante situaciones dramáticas, la angustia que tantos colegas sufrieron, el anonimato, la ambición, las envidias, los fracasos, las diversas soluciones, las ingeniosas, las brillantes y las equivocadas, porque nuestro trabajo es algo tan ligado al tiempo histórico como al espacio en que se desarrolla.

Gracias a la valoración histórica de nuestro trabajo, podemos concluir que los cambios radicales en ingeniería civil se preparan por dos caminos diferentes. El más corriente es el que se deriva del análisis, tanteos y ensayos lúcidos de la situación histórica de materiales, tipologías, precios y procesos constructivos; es, por ejemplo, el seguido por Telford o Nervi. El otro camino es la formulación visionaria que arranca de la más honda experiencia personal: es el de Freyssinet o el de Brunelleschi para crear su cúpula, es el de los grandes genios de la construcción, sus estrellas más brillantes.

Lafuente Ferrari, que fue director de esta Academia, decía que «en Historia del Arte, el prejuicio más grave es: todo se transmite y nada se inventa». También lo es en la Historia de la Ingeniería, donde son legión los evolucionistas, los que explican siempre los grandes avances, los inventos geniales, por oscuros sucesos anteriores y precedentes sin importancia que adquieren notoriedad sólo y exclusivamente por la invención genial posterior que le concede una vida que no merecían. Es un error suponer que sólo el pasado es activo. Son los ingenieros geniales quienes crean a sus predecesores.

¹⁷ Viene al caso señalar la sorprendente concordancia entre forma y función en un ámbito hasta ahora poco estudiado, la arquitectura bélica, acuerdo que sólo puede compararse con el existente en la arquitectura monacal.

muestra en el puente de Durham, del exhibicionismo estructural de algunos de sus colaboradores de estos últimos años. Esos exagerados esqueletos exteriores a los edificios, gratuitos y decorativos, trivializan lo estructural al ponerlo en primer plano de modo innecesario, haciendo suponer falsamente que la estructura es el objetivo final, la razón por la cual fue creado el edificio. Al contrario que en el gótico, en que los arbotantes son el resultado exterior, la síntesis de una necesidad social espacial y de una delicada combinación de equilibrios estructurales, estas otras no demuestran nada salvo que hoy cualquier estructura puede hacerse si así lo desea el cliente, por estúpida y costosa que sea. Se trata, aunque no se diga, de imitar la bella complejidad artesanal propia de la ingeniería metálica del siglo XIX, resucitando toda clase de uniones y elementos arcaicos, hábilmente «modernizados». Pero, por fortuna para aquellos colegas nuestros del siglo pasado, esa complejidad nacía de las limitaciones técnicas, de las acuciantes exigencias sociales y de los presupuestos limitados que, en vez de estorbarles y apartarles de lo creativo, procuraban la grandeza y la belleza de sus estructuras. En cambio, en estos últimos años, ya sea por la competencia formal decorativa entre arquitectos muy de moda en esta tendencia, ya sea por un exceso de vocabulario y la casi nula limitación estructural, esta escuela está produciendo expresiones estructurales innecesarias. Sin embargo, lo innecesario, cuando es bueno, es imprescindible por su carácter simbólico y artístico. Lo más pernicioso de este exhibicionismo estructural es que en él se combine la ausencia de creatividad y la mediocridad social que lo permite, lo aplaude y lo muestra como modelo a imitar¹⁸.

Con las formas ha sucedido lo mismo que con la ligereza. Hoy las formas están dadas de antemano; nadie imagina ni investiga nuevas formas estructurales. Torroja pensaba, en cambio, que «las formas son tan variadas y dispares, originales y diferentes de todo lo estudiado y experimentado, que la dificultad está más que en el propio estudio de una forma determinada, en la imaginación de esa forma y en la previsión intuitiva y cualitativa de sus condiciones resistentes».

Así como Fernández Casado en sus escritos apelaba a las formas históricas, Torroja como profesor pensaba que «la importan-

cia y complejidad de esta cuestión llega hasta la misma actividad docente, a la que será necesario dar orientaciones nuevas y distintas de las seguidas hasta ahora y que, en general, se limitaban al estudio de unos tipos clásicos, relativamente reducidos en número». Torroja tenía una mentalidad esencialmente moderna: la historia le interesaba mucho menos que la invención de las formas del futuro. Este inconformismo es lo que caracterizaba a la ingeniería moderna de los años treinta frente a la ingeniería historicista del siglo anterior.

El camino de la razón, en cuyo dominio trabaja el ingeniero, nunca debería entrar en colisión con el amor a la belleza. Y hoy menos que nunca, cuando los medios técnicos ofrecen posibilidades ilimitadas. En mi opinión, la dificultad radica en coordinar y equilibrar la imaginación que produce la forma con la razón que la determina y la fija. Hoy que las ataduras son menores, ahora que todo es calculable y construible, la búsqueda de lo verdadero es más difícil porque el camino hacia la solución formal es más oscuro, precisamente por ser más sencillo. Es como el agua, que, al faltarle el cauce hendido, se extiende sin rumbo por el llano y todo lo inunda sin destino. El peligro, entonces, es que la forma se deduzca de razones puramente económicas o de razones accesorias o coyunturales (poca o mucha mano de obra, un plazo breve, necesidad de consumir un determinado material porque el precio unitario es bueno, cierta moda, atender el gusto del cliente, etc.) que nada tienen que ver con el objetivo final de la obra. Las inmensas posibilidades que la técnica ofrece hoy al ingeniero deberían exigir de él una mayor capacidad de reflexión sobre los valores cualitativos de las obras en que interviene, un mayor control de la cantidad en beneficio de la calidad, ahora que vamos a un mundo donde se impone poco a poco la disciplina de la escasez natural (de bosques, de espacio, de agua, etc.). Sin embargo, de un modo u otro, puede hacerse buena o mala ingeniería, de hermosas formas o desafortunadas, porque el resultado no depende de las recetas. Es inútil reemplazar el concepto por la fórmula.

Síntoma luminoso de un cambio radical en la consideración social del valor de la obra de los ingenieros, es que la nueva Ley de Propiedad Intelectual, en su artículo 10.f, reconoce por primera vez como objeto de propiedad intelectual «los proyectos, pla-

¹⁸ Este «estilo» estructural se ha extendido a muchos países, donde la moda de pseudocomplejas estructuras metálicas hacen furor, no sólo entre los arquitectos, sino entre los políticos y la opinión general. La capacidad de los ordenadores y la facilidad de los cálculos permiten una arquitectura cuyas estructuras son aparatosas, superficiales y decorativas. Cualquier cosa imaginada puede construirse. La arquitectura estructural, que había producido obras maestras en el siglo XIX, como el Crystal Palace, y culminado en el siglo XX con la ópera de

Sydney y el Centro Pompidou, llega a su triste final hoy día cuando ha olvidado la esencia, la pureza y la emoción de la expresión estructural. De hacer más con menos, ha terminado haciendo más con más. De la sustitución de la cantidad por la calidad, que fue siempre el inalcanzable ideal de la ingeniería civil, ha terminado aplastando con enormes cantidades de todo tipo de elementos innecesarios la menor aparición de calidad estructural y, por consiguiente, con resultados de dudosa calidad arquitectónica.

nos, maquetas y diseños de obras de ingeniería», además de las arquitectónicas. La discusión en el seno de la comisión redactora del Proyecto de Ley se centraba precisamente en el viejo prejuicio de que, al contrario de las reconocidas obras de arquitectura, las de ingeniería no podían considerarse creaciones originales protegibles por el Derecho de Autor, porque éste sólo ampara «*la forma* en que se traslada el contenido de la creación». Y se pensaba que en los proyectos, maquetas o dibujos de ingeniería, sólo importaban el contenido y la idea, siendo la forma algo ajeno a tales creaciones. Al aceptarse la inclusión de las obras de ingeniería como objetos de la propiedad intelectual, gracias a la incesante gestión de muchos años de Juan Mollá, poeta y abogado de los ingenieros, se ha venido a reconocer la importancia de la forma en la obra de ingeniería, quizá porque estas ideas vivas en los nuevos ingenieros, latentes en la conciencia cultural colectiva, tienen ya bastante consistencia para aflorar al nivel del reconocimiento legal.

LOS MATERIALES

No puede haber voluntad de crear una forma sin contar con la materia subyacente. Hay una unidad esencial entre materiales y formas en las obras de ingeniería; el estudio de las formas no puede separarse de la reflexión sobre los materiales, porque el ingeniero, que juega un papel de potencia creadora, asimila los materiales dándoles una forma útil a la vida de los hombres. Según Paul Valéry, «los ingenieros siempre han ideado sus construcciones en un solo impulso, y no en dos momentos del espíritu o en dos series de operaciones: unas relativas a la forma y otras a la materia». Como dice Santayana, «cualquiera que pueda ser el deleite que la forma nos depare, la materia puede haber proporcionado ya de por sí un goce, y de esta suerte se habrá adelantado mucho para valorar el resultado total... Este efecto de lo material, subyacente en el de la forma, eleva a éste a un poder mayor y comunica a la belleza del objeto cierta calidad conmovedora... La belleza de la materia es el cimiento de toda belleza más elevada».

La obra del ingeniero existe en los tres grados de que nos habla Dante en *De Monarchia*: 1) como idea en el espíritu del ingeniero; 2) como técnica en el instrumento; 3) como sustancia informe, en potencia, en la materia. El ingeniero es un demiurgo en relación con su obra, y la materia que usa es sorda y resistente a la creación: «la materia é sorda».

De ahí que sea esencial el amor a los materiales, el amor a la belleza de la materia, cuyo conocimiento nos debería permitir utilizarlos mejor. El tratamiento cuidadoso de los materiales amorosamente realizados en una obra de ingeniería, constituye un paso muy importante en el intento sempiterno de alcanzar la belleza de la obra.

En la Edad Media, y luego de nuevo en el Manierismo, la ejecución de la obra de arte en la materia, siempre rebelde, tenía un significado de concesión, de caída desde el mundo puro del espíritu a lo material. En cambio, en Ingeniería Civil es difícil operar con esta mentalidad anticlásica que escinde un único fenómeno en idea y ejecución. Puesto que los materiales están presentes desde el origen de la creación, es irremediable la fusión de teoría y práctica, el contacto dialéctico entre proyecto y realización. De ahí que Fernández Casado nos aconseje «llegar hasta nuestras raíces renacentistas» cuando «el acoplamiento entre actividad especulativa y actividad práctica era una nueva situación para la Ciencia, acoplamiento fecundo», en una época en que el arte y la técnica, la teoría y la práctica, convergían como en el siglo de Pericles. Leonardo se consideraba tan ingeniero como artista, tan científico investigador como mecánico. Este ingeniero total no es producto de sumar simplemente el *homo faber* con el *homo sapiens*. Se trata de que, además del saber especulativo y de la crítica en forma socrática, el ingeniero incorpore la reflexión sobre los materiales desde que nace la idea creadora de la obra, ya que de otro modo podría caer en una actitud espiritualista, donde la idea originaria se independiza de los procesos técnicos y de los materiales y adquiere una existencia propia sin sentido.

Es paradójico que esta última actitud no conduzca, como podría pensarse, a un menosprecio de los materiales. En la Edad Media se apreciaba mucho menos la forma de la obra de arte que el valor monetario, el lujo, de su materia. No podía entenderse que una forma bella se pudiera encarnar en una materia *pobre*. Idea semejante inspiraba a Hippias el Mayor, cuando le decía a Sócrates: «la belleza es el oro y no otra cosa». Sin embargo, Palladio construyó sus villas más hermosas con materiales «pobres y vulgares». Los materiales ricos y costosos no son necesarios para que la obra de construcción sea hermosa. Con el agua y la tierra, las sustancias que ocuparon las energías del primer ingeniero civil desde tiempos remotos, se siguen construyendo bellas obras. Todos los materiales son, en potencia, hermosos.

Nunca debe emplearse un material como bandera contra los otros, fenómeno que en ocasiones sucede por una excesiva especialización o por una deformación estética subjetiva. Los materiales son inocentes: «las piedras no ofenden, nada codician», dice César Vallejo. Ejemplo de esta aversión por ciertos materiales es la mala fama que durante muchos años han tenido desde el punto de vista estético el hierro y el acero entre los estudiosos de la estética, los arquitectos y entre algunos famosos ingenieros.

En el informe sobre la Exposición Universal de París de 1855, que, dirigido a sus compañeros, publicaron los prestigiosos ingenieros de caminos Lucio del Valle, Echevarría y Andrés Mendizá-

bal, manifiestan, al referirse a los puentes de hierro: «recomendamos parsimonia en el uso del hierro en España, a causa de las costosas y continuas reparaciones, sus dilataciones y oxidaciones». Y, respecto a los puentes colgados, dicen que «su descrédito es tan marcado como grande la boga que alcanzaron algún tiempo después de la fecha de su invención». uno de los mayores insultos que recibió la Torre Eiffel de aquellos escritores, pintores, escultores y arquitectos parisienses que protagonizaron la célebre protesta de los artistas de Febrero de 1887, un mes después de comenzar las obras, fue el de «odiosa columna de chapa bulonada¹⁹».

El gran ingeniero francés Sejourné decía en 1914 que los puentes metálicos eran «échauffadages pour passer l'eau». Santayana se atrevía a decir que «un puente de hierro es probable que nunca iguale en interés estético a un puente de piedra». Fernández Casado, por su parte, pensaba que «frente a la naturalidad del puente de hormigón, tenemos el artificio del puente metálico» y que «lo típico de la arquitectura del hierro es su forzosidad y su artificio». Según Torroja, «el acero no ha logrado hasta hoy (1960) expresar valores análogos a los de la piedra, la madera o el mismo ladrillo. Salvo en la gran obra de ingeniería, donde se defiende malamente con la pintura, en el resto de las construcciones se oculta vergonzosamente con galas ajenas. Y no es el color solamente lo que crea este complejo; es también lo obligado, duro e inflexible de sus formas laminadas».

A pesar de este rechazo general, uno de los oradores que intervinieron en los actos de inauguración del Puente de Brooklyn (1883), el Reverendo Storrs, afirmó que «el acero es el más importante de los instrumentos modernos de los pueblos para subyugar la tierra... Esta supremacía del hombre —a través del acero— sobre el antiguo y noble metal, el oro, ilustra el intrépido temperamento que es natural aquí, la diligencia y presteza para emprender trabajos sin paralelo, el desdén por las dificultades. El acero se ha usado aquí para la paz, no para la guerra». Esta idea del hierro utilizado para la paz y no para la guerra —frente al uso bélico que le había dado el hombre desde tiempos prehistóricos— no deja de repetirse en todo el siglo XIX. Los ingenieros son conscientes de que han iniciado una nueva Edad del Hierro, un hierro no para espadas y escudos, sino para ferrocarriles, barcos, puentes, cubiertas, camas, mesas de billar, etc. Tal como dice Mumford, en estos años «no hubo parte de la existencia que no se viera tocada directa o indirectamente por el nuevo material».

Torroja decía que «cada nuevo material ha de crear sus propias formas resistentes y constructivas». Aunque la consecuencia no es inmediata, no cabe duda que los materiales modernos, el acero y el hormigón (y sus ricas combinaciones en estructuras pretensadas y mixtas), han provocado formas nuevas, antes desconocidas. Sin el hierro estructural, la gran viga cajón recta de sección hueca rectangular del Puente Britannia de Stephenson (1850) no hubiera sido posible. Quizá sea ésta la forma técnica más original del siglo XIX: antes nadie pudo ni siquiera imaginarla. La verdadera novedad del hormigón armado no es producto del descubrimiento del hormigón moderno en el ochocientos, que no añadía mucho conceptualmente al romano, ni siquiera es fruto de su capacidad de soportar tracciones gracias a sus armaduras, siempre con grandes dificultades y peligros de corrosión, sino más bien y sobre todo radica en que determinó la aparición de las láminas, verdadera revolución formal respecto a las bóvedas y cúpulas tradicionales, un tipo estructural esencialmente nuevo y distinto a los clásicos, con espesores mínimos hasta entonces impensables. A su vez, la invención del hormigón pretensado, nuevo material del siglo XX, produce una mutación fundamental en la concepción estructural, semejante a la que en el Neolítico significó la aparición del arco. En realidad, el arco y el pretensado son el punto de partida de conceptos constructivos seculares: sólo la proximidad del descubrimiento de Freyssinet nos impide adquirir la perspectiva histórica suficiente para comprender su importancia trascendental.

Tanto las láminas de hormigón como el pretensado son, pues, las creaciones estructurales formales más originales de nuestro siglo. Ni la forma de la cubierta del Frontón Recoletos de Torroja ni la del puente de Luzançy de Freyssinet hubieran sido posibles sin la aparición y desarrollo productivo del hormigón moderno.

Frank Lloyd Wright creía que «cada material expresa su propio mensaje». Sin embargo, no es el material quien transmite el mensaje, sino el creador. Siendo hormigones, nada tiene que ver el hormigón meteórico de una escultura de Chillida con el hormigón cartón-piedra del Guggenheim Museum, del propio Wright. Es el ingeniero quien termina con la inocencia de los materiales. Decía Hegel: «Sus materiales proceden de la vulgar masa exterior, bajo formas de masas mecánicas y pesadas. Gracias al arte de construir, el mundo inorgánico exterior experimenta una

¹⁹ Eiffel lamentaba no ser comprendido y que los artistas no advirtieran «la prueba resplandeciente de los progresos realizados en este siglo por el arte de los ingenieros». Se quejaba también de la impunidad de sus críticos: «Todo les está

permitido. Poseen el monopolio del gusto; ellos solo tienen el sentimiento de lo bello; su sacerdocio es infalible; sus oráculos son indiscutibles». Véase nota 6.

purificación; los materiales no son ya indiferentes, sino sensibles, ya no son materiales macizos».

Los materiales son variables, receptivos a la intervención del ingeniero. Nada tiene que ver el acero de los pequeños perfiles laminados, lisos, pintados, llenos de aristas, cortantes, de enormes longitudes respecto a su sección, con las amplias superficies de las grandes chapas de acero *cortén*, suaves y rugosas como un cuero, entre dorado y siena oscuro. Del hormigón, el material más utilizado, se habla a veces como si fuera de características invariables. Sin embargo, decir hormigón es decir bien poco. Aun considerando la armadura como una constante, para realizar cualquier hormigón deberemos contar, como mínimo, con seis conjuntos de elementos necesarios: cementos, áridos, arenas, dosificaciones, encofrados y tratamientos finales. Si consideramos un mínimo de cuatro variables para cada uno de estos elementos, obtendremos ya 4.096 tipos de hormigón diferentes de color, de luminosidad y de textura. Tan diferentes como la pizarra azulada de la piedra clara de Colmenar. Unos hormigones se asemejarán a mármoles pulimentados, otros, a pudingas, a fósiles o a conglomerados de cualquier tipo y lugar. ¿Qué tiene que ver el hormigón romano del Acueducto de los Milagros con el hormigón prefabricado de las dovelas de los puentes del Marne?

El ingeniero puede conseguir –con su genio– que los materiales se venzan a sí mismos. Fernández Casado nos tradujo de forma certera y hermosa la más extraordinaria definición de arco, debida al creador del Puente de Alcántara, Cayo Julio Lacer: «Ars ubi materia vincitur ipsa sua» (Artificio mediante el cual la materia se vence a sí misma). El arco significa el triunfo sobre la luz del vano, elevándose hacia arriba, dovela contra dovela. Diecinueve siglos después, Eugène Freyssinet, con su invención genial del pretensado, transformaba ese impulso hacia arriba en un impulso hacia adelante, un impulso horizontal, salvando la luz del vano mediante un nuevo artificio en que la materia se vence a sí misma, sin necesidad de elevarse, superando la fuerza de la gravedad con un vuelo horizontal²⁰.

CONCLUSIÓN

La ingeniería civil es el resultado de una actitud ambivalente: un ataque al mundo como totalidad y un intento de restaurarlo. Nuestra actividad nunca es el resultado estricto de la contempla-

ción. La ingeniería pretende ayudar a la superación paulatina del estado caótico, desordenado e inútil en que el mundo se encuentra, mediante un espíritu ordenador y creador que le preste sentido y lo humanice.

El quehacer de los ingenieros, siempre tan cercano a los materiales (a la materia que, como decía Aristóteles, es el seno de la fecundidad del que surgen inagotablemente todas las configuraciones del mundo), está estrechamente relacionado con los procedimientos técnicos con los que dominamos la materia, pero no imitando a la naturaleza, sino tomando posesión de ella a través de la cultura. Como decía Zubiri, «la técnica no es, pues, sólo invención o creación, y por tanto modificación ulterior, sino dominio». El concepto no es nuevo y fue ya enunciado por Descartes. Según Zubiri, «la técnica es constitutiva y fundamentalmente invención de realidades por dominio de realidades». Esa es la gran diferencia entre una presa o un puente y una escultura o pintura: en estas últimas no hay dominio, sólo invención.

Al mismo tiempo, nuestro trabajo resume la conexión directa y conflictiva entre la utilidad y la belleza. Le Corbusier decía sobre los hangares de Orly: «Voici une oeuvre simple d'un bel ingénieur: Freyssinet». «Nada se puede quitar de esta obra, ¿podría añadirse algo?» «Estamos en la seducción de las dimensiones nuevas y el entusiasmo es completo. Miguel Ángel, rondando por Orly, ¿qué mascullaría? La cuestión queda pendiente. ¿Los límites de la estética del ingeniero alcanzan la arquitectura? Al menos, hemos concluido que la máquina no es una obra de arte».

«Les choses d'art me sont étrangères». Estas palabras de Freyssinet, que siempre me impresionaron –y que gustaba repetir– las escribió en *Architecture d'Aujourd'hui* en 1936. Freyssinet no entendía por qué los artistas de su tiempo se emocionaban al entrar en los hangares de Orly, cuando él se proponía objetivos exclusivamente utilitarios; por qué los artistas se interesaban tanto por sus construcciones y veían en ellas verdaderas obras de arte. Yo sí lo entiendo. La obra de Freyssinet nos coloca frente a la verdad; nos reconcilia con la profesión, con la vida; y eso es precisamente el arte. Freyssinet nos acerca a «ese punto de contacto entre el sueño y la vida, sin el cual el sueño no es más que utopía abstracta y la vida sólo trivialidad». Si los críticos de arte y los arquitectos tardaron 50 años en tolerar la presencia en los libros de Arte y de Arquitectura del creador de la Torre Eiffel, no confiemos que tar-

²⁰ Un caso aparte, especial, dentro de los materiales que maneja el ingeniero, es la «materia urbana», genialmente descubierta por Ildefonso Cerdá. Véase nota 7.

den menos de un par de siglos en temblar emocionados ante la obra genial de Eugène Freyssinet, que es, a mi entender, el más grande constructor de todos los tiempos.

El ingeniero tiene tendencia a tratar como irreal todo aquello que no puede reducirse a una cantidad. El más elevado elogio que puede dirigirse a un colega es calificarlo de objetivo, es decir, que carece de sentimientos, de deseos. Sin embargo, yo siempre me he sentido inclinado al cultivo de lo interior y subjetivo, el mundo de las emociones, quizá para defenderme y superar los horrores y distorsiones que la técnica produce en manos vulgares. Ese esfuerzo en apariencia superfluo, ese despliegue de amor y de destreza estética que nace de la obsesión continua por estas cuestiones, es lo que finalmente tiende a obrar como conservador de la obra de ingeniería civil. La belleza de estas obras, lo que de fantástico o mágico se encuentre en ellas, nunca está a la vista, sino detrás de lo funcional, de lo cotidiano, de lo que la mayoría espera de ellas. Sólo algunos pocos, son capaces de advertirlo.

A los que hoy proyectamos y construimos obras se nos exige el hormigón desnudo y gris. Pero algunos gustamos del siena corpóreo y sensual, del acero *cortén* y de la cristalina transparencia del hormigón blanco. También se nos exige funcionalidad y eficacia —lo que, traducido, significa solamente resistencia, plazo de construcción y precio— en vez de calidad, en vez de otras funciones más complejas e importantes, como el placer, la belleza, la adaptabilidad, o la propia expresión del ingeniero.

A menudo nos hemos visto sometidos al insalvable conflicto entre lo nuevo y lo viejo, hemos sido mitad Palladio, mitad Dan Ponte, frente al incendio del palacio ducal veneciano. Pero tanto vale aprender a valorar lo único, lo que no podrá recuperarse del pasado, si se pierde, como producir esa potente transferencia de nuestra interioridad hacia el mundo exterior, que es la manifestación creadora del ingeniero. Al menos, yo siento lo mismo cuando, con Julio Martínez Calzón, mi incesante compañero de trabajo durante 26 años ininterrumpidos en la creación de puentes, recuperábamos estos viejos puentes sobre los ríos Jarama y Alberche en Madrid, o en Granada sobre el Genil, que cuando levantábamos nuevos puentes en Madrid, Martorell, Alcoy, Tortosa o ahora en Sevilla.

Siempre me opuse a ese veredicto histórico de quienes —desde fuera y desde dentro— trataron de reducir nuestra profesión a una dimensión única, usurpando a nuestra obra y a nuestro testimonio cultural toda cualidad propia que no fuera la puramente técnica. La nuestra debe ser una actitud consciente que ni niegue la técnica, ni capitule ante ella.

Probablemente, en los años venideros, la técnica producirá distorsiones cada vez más enigmáticas. Los compañeros que nos pre-

cedieron creyeron sobre todo en los valores objetivos, en el conocimiento racional, en el espíritu de la ciencia y en el sentido común. Pienso que nuestros futuros compañeros deberán cultivar además lo interior y subjetivo, la imaginación y el espíritu del arte, para superar las cada vez más complejas, ambiguas y peligrosas condiciones técnicas que dificultarán el desarrollo de nuestro trabajo profesional, que no es otro que ayudar modestamente al ordenamiento y enriquecimiento de la existencia. Esa alianza entre razón e imaginación, entre técnica y arte, es ahora más necesaria que nunca.

Estos anhelos culturales y estéticos son considerados por muchos como superfluos. Sin embargo, pienso que los ingenieros debemos dedicarles tiempo, energía y vitalidad, porque son los valores que permiten reconciliar al hombre con su vida diaria, que hacen posible superar la dicotomía funcionalidad-belleza en que la sociedad tiende a arrinconarnos, y que nos facilitan aprender el valor tanto de lo solidario como de lo hondamente personal.

Si me pidierais una conclusión, la única que se me ocurre es que todas las teorías son legítimas y que ninguna me importa demasiado. Porque, en último término, lo que interesa no es lo que el ingeniero piensa, sino lo que hace. En ingeniería civil, como en la música, es inútil cualquier tipo de paráfrasis, las obras se explican por sí solas, su ser y su sentido son inseparables, y todas estas búsquedas de significado son innecesarias.

Históricamente, el ingeniero no ha temido a ningún tipo de cálculo, por complejo que sea, pero sí en cambio a la simple cuestión del sentido de su actividad, quizá porque siempre tuvo la tentación de ignorar a los que juzgan su trabajo. No sé si por estas limitaciones gremiales, o por otras que ignoro, no he querido en este discurso referirme a mis obras, ni desde el punto de vista estético, ni desde ningún otro. Son pocas, y ya no me pertenecen. Lo que no quiere decir que no me someta con gusto al juicio de otros, sino que creo, como tantos, que la posteridad es el único y verdadero juez. Lo que más temo es la indiferencia de los colegas que me sucedan en los tiempos futuros: ésa es la única refutación que acepto.

De mi trabajo sólo podría decir que la idea inicial jamás logró expresarse en la obra concluida: siempre me alcanzó una íntima melancolía después de la realización. A pesar de ello, y citando en este Discurso por última vez al inolvidable Carlos Fernández Casado, coincido con él en cómo nuestra profesión nos ayuda a superar la angustia de desaparecer de la tierra sin dejar nada, cómo nos produce la alegría de saber que hay algo nuestro que permanece: «es absurdo no aprovecharse de esta facultad que tiene uno de dejar sobre la superficie de la tierra una serie de cosas que allí seguirán cuando uno muera, sobre todos los puentes, bajo los que

seguirán pasando los ríos...». Por otra parte, la convicción de que es inútil transmitir la experiencia de quien proyecta y construye obras de ingeniería civil, es decir, la íntima satisfacción de resolver problemas o el dolor y la humildad ante el descontrol de las fuerzas de la naturaleza. Sólo quien lo probó, lo sabe. Algunas de nuestras obras serán centenarias, incluso memorables, pero no hay que engañarse, lo verdaderamente perdurable es la obra de los poetas. Cuando sólo queden ruinas de los puentes más famosos del mundo, la música de Mozart permanecerá tan hermosa y nueva como el primer día de su concepción.

Permitidme, por último, que dedique un recuerdo a mi padre, maestro que fue sin par para mí en el diario ejercicio profesional, con esa difícil combinación de independencia, honradez y coraje. Él hubiera sido muy feliz hoy aquí. A los dieciséis años de su muerte, siento, con palabras del poeta, que «estás ahí, el tiempo no te ha borrado».

He dicho

NOTA 1

La historia de las asignaturas de contenido estético en las Escuelas de Ingeniería Civil («Arquitectura», primero, «Historia del Arte», luego, e «Historia y Estética de la Ingeniería», finalmente) es larga y fecunda. Desde su fundación en 1802 por Agustín de Betancourt, siempre existió en la Escuela de Caminos de Madrid, en mayor o menor grado, una reiterada preocupación por que los alumnos, enfrascados de lleno en su aprendizaje técnico, no se alejaran nunca de las humanidades, del arte y de la arquitectura. Una larga serie de ilustres ingenieros de caminos me antecederon en la cátedra de esta asignatura.

El titular que me precedió fue Tomás García-Diego y de la Huerca, quien impartió clases entre 1925 y 1960. García-Diego alcanzó la presidencia del Instituto de Ingenieros Civiles en 1954, manifestando en el acto de su toma de posesión su constante preocupación por «impulsar el aumento de la cultura de los ingenieros y preparar los cimientos en nuestras Escuelas de estudios que pudiéramos llamar humanísticos». Santiago Castro Cardús, quien le sucedió como encargado de cátedra en 1960, al jubilarse García-Diego, decía de su antecesor que «su sincero amor al arte le inspiró, sin duda, una difícil tarea a la que dedicó generoso e impagable esfuerzo: la organización y actividad de un servicio artístico de vanguardia que salvó, en varios frentes, de la destrucción bélica muchas obras artísticas. Merece recuerdo particular el episodio de la catedral de Sigüenza. Destruída parcialmente por la artillería, amenazaba ruina. García-Diego solicitó fondos oficiales para su urgente consolidación y, al no conseguirlos, se lanzó a una cuestión particular con algunos amigos».

En el prólogo a *Huellas de mi jornada* de Tomás García-Diego (1955), Enrique Lafuete Ferrari escribe: «De su labor, verdaderamente patriótica, es decir, oscura y callada, se ha hablado muy poco; injustamente, España ha ignorado, en parte por modestia, los eminentes servicios que al tesoro artístico español prestó el profesor de Historia del Arte de la Escuela de Ingenieros de Caminos en los momentos más duros y difíciles, cuando nadie pensaba en hacer de tales servicios exhibición de méritos ni fundamentación de ambiciones. Cumplió con su labor para retirarse inmediatamente a la vida privada, pero es justo decir que algunos importantes monumentos españoles debieron su conservación y su salvamento al celo desplegado por García-Diego en aquellos momentos». Añade Lafuete Ferrari la necesidad de un humanismo «que tienda a elevar al hombre por encima de ese profesionalismo hermético que hace a los hombres ciegos para los problemas, los derechos, los deseos y los gustos» y que «sólo tratando de abrir-

nos cada vez más a las cosas nobles y desinteresadas del espíritu, podremos frenar la vertiginosa aceleración, especializante y deshumanizadora que nos empuja hacia la técnica considerada heréticamente como valor absoluto y como fin en sí mismo». En opinión de Lafuete Ferrari, García-Diego «fue capaz de suscitar en su auditorio la adhesión viva y cálida, especie pedagógica de la simpatía, sin la cual no hay comunicación verdadera entre maestro y discípulos». Uno de sus alumnos más distinguidos, el peculiar ingeniero José Torán, dijo de García-Diego: «supo llevar humanidades a la técnica que se deshumaniza, encontrar el equilibrio entre el saber y los saberes».

Mi vinculación a esta asignatura nace precisamente a través de Tomás García-Diego. En 1955 estaba terminando mi primer curso de carrera en la antigua Escuela de Caminos del cerro de San Blas. Nuestro profesor de Arte, Tomás García-Diego, organizaba todos los años unas votaciones entre los alumnos para elegir aquel que considerasen como el alumno más interesado o inquieto por cuestiones artísticas. La elección de mis condiscípulos me supuso, a partir de aquel momento, que García-Diego me distinguiera con una amistad y afecto que duraron hasta sus últimos años y que, cuando terminé la carrera en 1959, me animara a entrar en la Escuela como profesor en esta Asignatura, lo que hice en octubre de 1960, como profesor adjunto de Santiago Castro.

El antecesor en la cátedra de Tomás García-Diego, que entonces se llamaba «Arquitectura», fue Vicente Machimbarrena, entre 1908 y 1925, ingeniero singular y muy querido, un donostiarra amable, inteligente y bondadoso, que introdujo su sensibilidad humanística en el programa de la asignatura. «En pocos años, aquel programa de Arquitectura, un compendio, no ya inútil, sino perjudicial para el ingeniero, se transformó en un cuidadoso cultivo del “demos” esquivo y rebelde de los alumnos para injertar en él un amor a las formas artísticas, y con ello un valor de liberación incomparable» (Tomás García-Diego, *Revista de Obras Públicas*, 1 de enero de 1936).

Machimbarrena, «un pedagogo que sonrío», enlazaba así con los grandes ingenieros de caminos humanistas del pasado: Saavedra, Echegaray, Palao, Boix, Prieto Vives, Lucio del Valle, Gabriel González, Ildefonso Cerdá y Brockmann. Machimbarrena había sustituido a Mariano Carderera, «hombre seco, duro y adusto», al decir de García-Diego.

Carderera fue quien proyectó la vieja Escuela del cerrillo de San Blas, donde tuve la fortuna de estudiar la carrera. El antecesor de Mariano Carderera fue el insigne Eduardo Saavedra, uno de los más notables humanistas españoles del siglo XIX, además de excelente profesional en su labor diaria de ingeniero de caminos. Saavedra, que había obtenido el título en 1851 con el número uno de su promoción, aparece ya en el libro de Programas de la Escuela en 1867 como profesor de «Arquitectura», sabiendo alternar sus magníficas clases en la Escuela con su fecunda actividad de académico en las correspondientes de la Historia y de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

Eduardo Saavedra sustituyó como titular a Lucio del Valle, creador del Canal de Isabel II. Del Valle perteneció a la famosa primera promoción de ingenieros de caminos de la tercera época de la Escuela, salida en 1839, tras su reapertura definitiva en noviembre de 1834, a la muerte de Fernando VII.

Merece destacarse esta obsesión de los ingenieros de caminos españoles del siglo XIX por la enseñanza de las materias estéticas y de la arquitectura, cuando lo normal, con la excepción de Francia, era que la preocupación por estos problemas fuera mínima, tanto en la enseñanza como en la práctica de la profesión. A pesar de este interés desacostumbrado por lo estético, los ingenieros nunca se consideraron serviles a la arqueología (aunque en muchos casos lo fueran sin darse cuenta), y muchos críticos y arquitectos de la época les acusaban por ello de desaprovechar la gran oportunidad que les brindaban sus grandes obras para lograr un planteamiento artístico. En Francia, la preocupación por la estética de las obras existía entre los ingenieros de Ponts et Chaussées gracias a las enseñanzas de Blondel en su célebre «Escuela de Arquitectura», academia oficiosa de preparación de los alumnos para ingresar en la famosa Escuela de la rue de Saints Pères (academia que desaparecería tras la Revolución dejando paso a la *Polytechnique*). Posteriormente, también en la *Polytechnique* recibían clases de arte los

aspirantes a ingenieros de puentes y calzadas. El profesor era entonces Leonce Reynaud, célebre autor de un *Traité d'Architecture*, y de una no menos importante *Historia de las obras públicas de Francia*, profesor que supo ver la importancia y las conexiones entre la historia y la estética en la formación de los estudiantes de ingeniería de caminos durante el siglo XIX.

Todos estos datos deben analizarse teniendo en cuenta que no existió hasta mucho más adelante la enseñanza oficial de Estética y la de la Historia del Arte en las propias Facultades Universitarias de Letras y Humanidades. En Europa, la primera cátedra europea de «Historia del Arte» no funcionó hasta 1844 en Berlín, y en la Universidad española no tuvo entrada la enseñanza de la «Historia del Arte» con este título exacto hasta 1904, si bien a partir de 1901 se enseñaba ya en las Facultades de Letras la «Teoría de la Literatura y de las Artes» (según Enrique Lafuente Ferrari, *La fundamentación y los problemas de la Historia del Arte*, Madrid, 1951). No deja de ser sorprendente que, en fechas tan tempranas, nuestros colegas del pasado introdujeran en la Escuela Oficial donde se formaban los ingenieros de caminos una asignatura de contenido exclusivamente humanístico y cultural.

De aparición muy reciente es la disciplina de «Historia y Estética de la Ingeniería», que va tomando cuerpo después de la Segunda Guerra Mundial en las universidades inglesas y norteamericanas. Sólo a partir de los años cincuenta, los pensadores, filósofos, historiadores y críticos más lúcidos fueron tomando conciencia de la potencia artística de las obras de ingeniería civil, hasta entonces marginadas de la Historia del Arte. La importancia estética y la repercusión ambiental de estas obras en nuestra vida diaria es, por su especial personalidad, enorme, pero no como un problema especulativo, teórico o de contemplación gratuita y voluntaria en Museos, sino como un conflicto en contacto vivo, directo y obligado, que no podemos eludir y que es, por ello, de la mayor importancia social.

A lo largo de esta singular asignatura, el alumno recibe dentro de la carrera de Ingeniería Civil una lección que, aunque parezca demasiado evidente, nunca es tarde para ser aprendida: el valor de lo singular, de lo hermoso, de lo único, de lo precioso, de lo hondamente personal. Claro está que la estética no puede entenderse en nuestras obras como un sobreañadido, algo extraño alejado de la práctica. En nuestra profesión, la estética, como la ética, no es más un contenido que un modo de comportamiento.

Al fin y al cabo, el sustantivo *técnica*, en el sentido moderno del término, no aparece hasta 1744 y la palabra *técnico* hasta 1836. Hasta entonces *techné* tenía un sentido más extenso: dar a luz, crear, producir; era sinónimo de artificio, ingeniosidad, habilidad en las obras del espíritu; en la producción de un objeto con arte cabían tanto la actividad del herrero y del albañil como la del pintor, escultor, cocinero o médico. Pero el parentesco viejísimo entre la técnica y el arte se desgarró en el proceso histórico: la técnica quedó reducida a la transformación del medio ambiente real y el arte fue condenado a la configuración y transformación imaginarias.

Recuperando el sentido integrador del arte o *techné*, la educación del ingeniero debe alentar la formación de un anhelo espiritual, una imagen de lo humano capaz de convertirse en una constrictión y en un deber. Hauser señala que «nuestra necesidad de belleza tiene su origen en el dolor que nos causan nuestros propios instintos destructivos», y Freud que «el verdadero goce de la obra de arte proviene de que nuestra alma obtiene, gracias a ella, el alivio de ciertas tensiones». Ambas afirmaciones son aplicables a los ingenieros civiles.

Misión fundamental de la Asignatura de «Historia y Estética de la Ingeniería» es acercar a los alumnos al universo del arte. Sólo el arte tiene un poder ilimitado de conversión espiritual. Sólo el arte posee, al mismo tiempo, la validez universal y la plenitud inmediata, actual y viva, que constituyen las condiciones más importantes de la acción educadora. Platón ya decía que «el amor a lo bello ha sido la causa de todo lo bueno que hay en los cielos y la tierra». Acercar a los alumnos de las Escuelas de Ingenieros Civiles al arte significa luchar contra la corriente que pretende que el arte renuncie a integrarse con la vida, que renuncie a tener valor de conocimiento, aislándolo de la práctica utilizándolo sólo como mero placer, como un adorno, un objeto de distinción, un apéndice.

Si al cabo de tantos años me siento atraído como aquel primer día lejano de 1960 por mi oficio de profesor en la Escuela de Caminos, es porque sigo pensando —como Werner Jaeger— no sólo en esa parte de la educación que consiste en la comunicación de conocimientos y habilidades profesionales, en la medida en que es transmisible, sino en ese otro aspecto esencial que consiste en ofrecer al alumno una imagen del ingeniero tal como debe ser: en ella la utilidad es indiferente o, por lo menos, no es esencial. Lo fundamental es la belleza, en el sentido normativo de la imagen, imagen anhelada, del ideal.

NOTA 2

Aquel mismo año de 1869 en que Saavedra entraba en la Academia, moría John Augustus Roebling, paradigma de los ingenieros románticos, creador del Puente de Brooklyn, modelo y símbolo del verdadero camino de la ingeniería civil para aquellos ingenieros: la dominación pacífica de la naturaleza por medio de obras públicas que procuran el desarrollo humano. «Ante nosotros tenemos la suma y epítome del conocimiento humano, verdadera herencia de las edades», dijo un orador en la inauguración.

De esta visión romántica, utópica, de la ingeniería civil, participaban en América los poetas y los políticos. Whitman canta a la carretera «expandiéndose a derecha y a izquierda, hacia el aire libre, donde pueden concebirse todas las hazañas heroicas»... «El planeta será ligado, conectado por una red, las tierras serán soldadas todas juntas»... «La naturaleza y el hombre nunca más quedarán separados y dispersos». Emerson pensaba que el ferrocarril llevaría las gentes de la ciudad al campo (al contrario de lo que sucedió) y que la máquina se pondría al servicio de la sociedad agraria. Para Jefferson la construcción de carreteras y canales era una misión fundamental del Gobierno central. Al igual que Cerdá —con su fe en el ferrocarril y su anhelo de rurizar la ciudad y urbanizar el campo— estos americanos pensaban que un mejor y más rápido transporte, a base de buenas carreteras, canales y ferrocarriles, facilitaría el intercambio de personas y mercancías, procurando una comunidad de intereses entre gentes que habitan tierras remotas, contribuyendo a la paz y a la libertad, promoviendo la desaparición de las fronteras y, en suma, la fraternidad universal.

Roebling había nacido el año 1806 en Mühlhausen, una pequeña ciudad alemana de Thuringia. Estudió Ingeniería Civil en el Politécnico de Berlín (equivalente a nuestra Escuela de Caminos de Madrid), donde se graduó a los veinte años. Allí tuvo un profesor que influyó poderosamente en él, que no sólo lo consideró como su alumno preferido, sino también como su amigo: se llamaba Jorge Guillermo Federico Hegel. Roebling era un joven liberal, influido por las ideas de la Revolución Francesa, y Hegel le inspiró un amor a la libertad, una fe en la supremacía de la Razón y una fuerza para cambiar el curso errático de la Historia a través de la autorealización personal por medio del dominio de la naturaleza, en suma, unas ideas que no le abandonarían nunca. El mismo año que muere Hegel, siguiendo el consejo de su maestro, Roebling, abandona «el histórico trastero de la vieja Europa» y emigra a América, «la tierra del futuro, con su constitución republicana y su un inmenso espacio todavía vacío». Poco antes de embarcar, escribe en su diario: «Nada puede ser llevado a cabo en Alemania sin un ejército de consejeros, funcionarios y administrativos que discute cada asunto 10 años, haciendo viajes, escribiendo largos informes, gastando más dinero en trabajos preliminares que el que costaría culminar la propia empresa». En cambio, en América encuentra «un bello país que no está amenazado por tiranos, pacífico, sin burgomaestres o magistrados arrogantes, o sea, la antítesis de Europa». Tras un breve y tranquilo período de granjero, «feliz y autosuficiente», su irreprimible vocación de ingeniero, es decir, ese cierto e indefinible gusto por la inseguridad, le lleva a ejercer la profesión desde asalariado en una pequeña compañía de canales a organizador —con sus paisanos alemanes emigrados— de su propia empresa de fabricación de cables con alambres de acero, cables que coloca en los puentes colgantes que él mismo proyecta.

Roebling inventa y desarrolla el cable moderno con alambres de acero, mucho más ligero fuerte y pequeño que el de cáñamo, aceptado poco a poco

comercialmente gracias al ingenio y valor con que proyecta sus estructuras colgantes desde su concepción general a los detalles de construcción. Para Roebling, el descubrimiento de su cable de alambres está unido a las ventajas técnicas y comerciales que supone disponer de una industria propia para su fabricación en serie, y de su prestigio adicional como creador de puentes colgantes donde aplica en la práctica constructiva sus continuas invenciones, como el sistema de tirantes inclinados formando triangulaciones indeformables, o el agrupamiento de cables en sección circular.

La seguridad económica que le daba su floreciente empresa de fabricación de cables le supuso toda su vida una enorme libertad profesional, lo que le permitió defender proyectos tan superfluos, costosos y poco funcionales para los financiadores como el bellissimo paseo peatonal del Puente de Brooklyn, pero que él consideraba imprescindible y «de un valor social y estético incalculable», y sin cuya aceptación hubiera con certeza renunciado al proyecto. «El beneficio es secundario», decía, «lo importante es facilitar el intercambio y el comercio». Para Roebling, aquel paseo peatonal, elevado 5,50 m sobre el tráfico, permitirá «al pueblo en sus horas libres, a los viejos y jóvenes inválidos, pasear sobre el puente en los días hermosos y disfrutar de las bellas vistas y del aire puro... no necesito añadir que en una tumultuosa y atestada ciudad comercial, un paseo como éste será de un valor incalculable». El constante deseo de belleza que Roebling intenta en sus obras expresa su profundo respeto a sus conciudadanos.

Aunque con el puente –carretero y ferroviario– sobre las cataratas del Niágara adquiere ya una reputación internacional, es con el puente que une Brooklyn con Manhattan, de 500 m de luz, donde Roebling alcanza su dimensión épica, llegando a morir como consecuencia de una gangrena producida por un accidente de obra. Al igual que su colega romano Cayo Julio Lacer, creador del Puente de Alcántara, Roebling creía firmemente en la inmortalidad. Pero en vez de dejarnos su testimonio en un epígrafe en el puente, tal como hizo su lejano antecesor, Roebling, al dibujar las torres, volvió la mirada a las catedrales de su patria de origen. Deseaba que su puente tuviera el «rango de los monumentos nacionales» de todos los tiempos. Unir orilla daba soporte al destino nacional de los americanos. Además, cualquier obstáculo natural era, más que nada, una invitación para superarlo. Si para su maestro Hegel la catedral gótica era «el bosque petrificado», Roebling construyó sus enormes pilas de piedra con arcos ojivales –gigantes torres hermanas, grandes obeliscos–, las cantó Whitman– como una catedral pontificada.

En 1964, casi un siglo después de su muerte, el Gobierno de EE.UU. proclamó oficialmente el puente de Brooklyn como Monumento Nacional. La historia le ha dado la razón. Su puente es hoy no sólo uno de los símbolos indiscutibles de América, sino también –con la Torre Eiffel– de toda la ingeniería civil del siglo XIX. Roebling es –con su vida y su obra– el representante más conspicuo de los ingenieros románticos. Une tu naturaleza interior al mundo exterior, decía Roebling, y la armonía será establecida. «Espiritualizar la naturaleza es el objeto y fin de la creación», fue su lema.

Su hijo Washington, también ingeniero civil, que finalizó la construcción del puente de Brooklyn, ya no pudo sostener la independencia de su padre: con él había muerto la ingeniería romántica. La sociedad americana se iba poco a poco burocratizando: «construir un puente es demasiado para mí, pero tratar con tantos funcionarios es más de lo que puedo hacer».

NOTA 3

Entre todas las obras de Telford, no puedo disimular mi preferencia por dos de ellas: el acueducto de Longdon-on-Tern y el puente Dean, esto es, una obra temprana (1793), de fundición, y una obra tardía (1832), de piedra, datación paradójica en cuanto al uso de dos materiales (uno, movísimo y otro, el más antiguo) que competían económicamente en las estructuras de la época.

El acueducto de Longdon-on-Tern, además de ser el primer acueducto realizado en el mundo completamente de fundición, es una estructura de profunda originalidad y gran belleza. Por primera vez, Telford emplea en él hierro

fundido con una visión tipológica revolucionaria sin antecedentes. Hay en toda la estructura, tanto en su concepto como en sus detalles, una ambición y un deseo de novedad indudables: la sección en cruz de los principales elementos resistentes, la adecuación del dovelaje de los cajeros de fundición a una preciosa disposición variable de juntas siempre comprimidas, los jabalcones tendidos de esbelteces nunca vistas, las piezas de soporte –proyectadas con la precisión estética de una escultura– donde confluyen pies derechos y jabalcones. Todos estos elementos son sólo la parte más notable de lo que es, en sí mismo, mucho más que una obra para un fin determinado, pues se trata, sin duda, de un deliberado y arriesgado experimento completo a escala natural. Impresiona la comparación entre los enormes estribos de fábrica del acueducto proyectados por William Clowes (en quien moriría antes de ver construido su proyecto de acueducto de ladrillo y sillería, acueducto que sería, además, destruido después por sucesivas avenidas) y la ligerísima estructura de hierro, de modernidad esencial, del acueducto con que Telford prolonga el anterior de Clowes. Una al costado de otra, ciertamente no parecen estructuras contemporáneas; las separan siglos de distancia constructiva. El mismo contraste existe entre estas estructuras de fundición para canales de Telford y sus contemporáneas españolas de fábrica del Canal Imperial de Aragón. Y, sin embargo, diez años antes, Telford era sólo un simple cantero.

Las enseñanzas del acueducto de Longdon-on-Tern fueron básicas para el proyecto del acueducto de Pont Cyssylte, probablemente el ejemplo más cabal de ingeniería de canales de su tiempo. Se da en esta obra de Telford, quizá más que en ninguna otra, eso que gustaba llamar Fernández Casado «adecuación funcional-estructural-estética». La sabia utilización de la piedra y de la fundición, cada material especializado en su verdadero trabajo, uno en las altas pilas huecas, otro en el tablero, es algo tan natural en Telford como innato es su sentido de la belleza.

Si Freyssinet en ingeniería civil equivale a la figura de Picasso en la pintura (con su carácter inquieto y apasionado, potente creador y destructor de viejos esquemas y creencias, iniciador de técnicas y formas revolucionarias), Telford podría ser el Velázquez del buen arte de construir, representado por el oficio bien hecho, por el sentido común constructivo, individuo genial pero siempre equilibrado, revolucionario en el fondo pero sin perder nunca la compostura y el sosiego de sus formas resistentes, sin excesos en nada, frugal, sin problemas en su vida personal.

El puente Dean en Edimburgo lo construye Telford a los setenta y cinco años de su edad. Estando en la cumbre de su prestigio profesional, acomete en este proyecto, con audacia contenida, un experimento límite en puentes de fábrica. A Telford nunca le agradaron los altos viaductos o los acueductos de fábrica de su tiempo. Decía, «las pilas tienen una apariencia fea y pesada, así como la gran masa de fábrica superior (...) Toda la estructura es demasiado maciza».

Todo el interior del puente Dean, pilas y tímpanos, es hueco con diafragmas y tirantes longitudinales y transversales de piedra. Su esquema estructural es semejante al de un puente actual de hormigón pretensado con riga cajón continua de canto variable. Bajo las aceras, Telford estrechó las pilas a modo de contrafuertes y levantó bóvedas doblando la relación luz/espesor de la pila máxima que había alcanzado Perronet en el Puente de Neuilly, pasando de 9 a 19,5. Estas bóvedas laterales, más altas que las centrales, siendo ambas escarzanadas aunque de directrices excéntricas, forman un juego de sombras mediante el escalonamiento de los alzados en tímpanos y pilas de gran belleza. Telford construyó estas bóvedas separadas de los tímpanos principales para permitir un trabajo independiente de cada bóveda, lo que constituye un notable riesgo constructivo con esbeltez tan grande, pero ello le permite una comprobación total de su experimento, y al mismo tiempo, un resguardo de seguridad en la estructura principal del puente.

Sin duda, se trata de una estructura compleja con una evidente intención investigadora y estética. Un puente que Telford podría haber resuelto de forma convencional y a mitad de precio, de haber optado por una solución metálica. Nunca dio justificación a este extraño y hermoso proyecto. Respecto al coste,

argumento que se usa siempre contra los ingenieros como piedra arrojada, sólo cabe recordar que el puente Dean sigue en pie, al cabo de 150 años, intacto como el primer día, sin ningún gasto adicional de conservación, sin la menor fisura: es posible que sea el puente más económico que hayan construido nunca los escoceses.

Después de Telford, los grandes ingenieros no podrán evitar una marcada especialización estructural o una estrecha dependencia de ciertos materiales. Roebing vivirá obsesionado por sus cables y estructuras colgantes; Eiffel no se interesará nunca ni por los puentes colgantes ni por las estructuras de fábrica; Freyssinet sólo trabajará el hormigón, ajeno por completo a las estructuras metálicas; y Ammann, creador de los puentes colgantes George Washington y Verrazano, permanecerá en cambio, indiferente al hormigón. Frente a esta fuerte especialización de los ingenieros posteriores. Telford usó todos los materiales y tipologías, incluida la madera, que empleó en la construcción de muchos puentes celosía en Escocia, práctica que le acarreó la crítica de Stephenson y Brunel.

NOTA 4

Aunque murió a los sesenta y un años, Torroja ha pasado tan mercedamente a la Historia de la Ingeniería por obras que proyectó y construyó antes de cumplir los treinta y siete años.

Torroja elevó el hormigón armado a las misteriosas cotas del arte. Fue uno de los ingenieros del siglo XX que más ayudó a la consagración definitiva de este material «fecundo, maleable y plástico en las manos del arquitecto como la porcelana en las del artista cerámico». Torroja sentía verdadera pasión por el hormigón armado. Aunque era consciente de los graves defectos inherentes a la propia formación del hormigón armado, minimizaba siempre los inevitables y bien conocidos problemas de fisuración y oxidación de armaduras que, en su opinión, se superan sin necesidad de recurrir al pretensado. Por el contrario, amplificaba las dificultades y servidumbres inherentes a la construcción de estructuras metálicas.

No fue el acero un material de su predilección. Aun reconociendo que es un material mucho más técnico que los clásicos, Torroja consideraba que limitaba excesivamente su imaginación, privada de libertad por el *exigente determinismo morfológico que presenta el acero*.

Sólo con el hormigón armado siente Torroja que puede alcanzar el alto objetivo de expresividad del fenómeno resistente en que se funden el fenómeno tensional y el efecto estético (*la máxima valoración de la función, resistente en la expresión estética*) y, por supuesto, sin recurrir a ornamentos, ya que la belleza se basa en la racionalidad de la estructura. Torroja es, sin duda, heredero directo del funcionalismo, pero también, y seguramente a pesar suyo, de nuestra mejor tradición barroca, que trata siempre de ocultar y disimular los esfuerzos complejos y penosos tras apariencias simples, deslumbrantes y gráciles, como si todo fuera fácil, y sencillo (*la elegante sencillez*). Un espíritu profundamente barroco que nada tiene que ver, sin embargo, con los excesos ornamentales, que tanto odiaba Torroja y contra los que nos prevenía desde su cátedra, instándonos a preferir lo simple a lo complejo a rechazar toda tentación barroca.

Torroja cree que en el hormigón armado se ven realizadas las máximas posibilidades de un material: el monolitismo, la continuidad en todas las direcciones, los espesores mínimos y las fuentes inagotables de forma; el hormigón es el único material *al que verdaderamente puede aplicarse el título de material adecuado resistente*. Sólo investigando sobre él descubre Torroja las estructuras laminares, sus láminas, *un velo envolvente continuo y de pequesísimo espesor, que al tiempo que cierra, envuelve y abriga este espacio, se sostiene a sí mismo*, con las que alcanzará la gloria. Las láminas le permiten la creación de infinitos tipos con espesores mínimos, sin que se vean constreñidas la libertad y la fecundidad de su imaginación. Se siente atraído hacia la lámina cilíndrica, una bóveda desconcertante que no da empujes, un nuevo y revolucionario tipo estructural con el que construye su mejor obra: la cubierta del Frontón Recoletos de Madrid, que tendrá enorme resonancia internacional.

En la alta bóveda de Recoletos hay una ruptura total con los conceptos clásicos estructurales. Torroja podría haber resuelto la cubierta con una bóveda clásica de 32,50 m de luz apoyada en la línea de impostas, que se hubiera ajustado perfectamente a la función exigida. Sin embargo, por fortuna para el arte de construir, quiebra hacia abajo la directriz única y la transforma en dos arcos de círculo con radios desiguales, produciendo una misteriosa sensación de desequilibrio irresoluble. Y por si fuera poco, en la zona aparentemente más necesitada de hormigón, rompe la opacidad de la lámina y la vuelve transparente por medio de dos lucernarios longitudinales triangulados, inundando de luz el espacio interior. El trozo de lámina intermedio entre los lucernarios, de 8 cm de espesor y 55 m de luz, es decir, con una esbeltez de 1/700, queda colgado del aire, volando prodigiosamente sobre nuestro asombro. Un velo laminar autónomo esencialmente opuesto al muro cortina de Mies, que es un velo envolvente que cuelga de la verdadera estructura ocultándola. La bóveda del Frontón Recoletos no se apoya sobre su línea de impostas, como sería de esperar, sino increíblemente sobre sus hastiales de fondo, con 55 m de luz, sin necesidad de nervios de refuerzo.

La cúpula semiesférica rebajada del mercado de Algeciras es otra estructura laminar que causa admiración por la audacia de sus planteamientos técnicos. También trabaja a menudo los hiperboloides, que conoce y maneja con soltura y elegancia, ya sea para realizar un cajón de cimentación (Puente de Sancti-Petri), un depósito de agua (Fedala) o su obra más célebre y universal: las marquesinas del Hipódromo de la Zarzuela.

Las pequeñas y preciosas bóvedas voladas del Hipódromo de la Zarzuela son el segundo gran ejemplo del funcionalismo poético que practica Torroja en estos años treinta, tan diferente de ese otro pesado funcionalismo «a la romana», al exclusivo servicio del precio que hoy nos envuelve implacablemente a los ingenieros. Aunque también en este caso podría Torroja haber resuelto la cubierta con soluciones convencionales más baratas, como habría sido, por ejemplo, recurrir a secciones nervadas en T invertida, no le satisface técnica ni estéticamente más que una solución continua y puramente laminar, sin refuerzos de nervios ni discontinuidades, sus famosos sectores de hiperboloide de eje horizontal. La estructura presentaba una novedad tal, que su cálculo era en aquellos años prácticamente inabordable, dificultad que afrontó Torroja construyendo un módulo a tamaño natural, ensayo que consideró suficiente para su construcción definitiva. Ahí permanece volando sobre el monte de El Pardo esta estructura laminar, expresando, tal como deseaba Torroja, *«la graciosa potencialidad tensional de que es capaz, reflejo del triunfo de la técnica»* y *«la sensación de ligereza, de éxito y de dominio de la propia materia que se obtiene con una forma simple»*. Se trata, pues, de una solución muy compleja que incorpora una técnica nueva y depuradísima, desconocida entonces, para realizar una forma geométrica muy simple, que consigue sostenerse *«por su forma y no por la resistencia oculta de su material»*. En el Hipódromo de la Zarzuela, en un deseo de mayor ligereza, casi de alzar el vuelo, Torroja suprime los soportes de la cubierta inferior, que queda materialmente colgada de las láminas superiores. Hoy día sería impensable, por sus elevados costes, plantear siquiera una estructura de concepto técnico tan rico y profundo, pues ahora es el precio el único factor determinante. Hoy sucede lo que ya ocurrió en las construcciones romanas tardías, donde se duplicaban soportes y muros sin compasión, incluso en bóvedas y forjados adyacentes, porque, aunque se duplicaran estúpidamente los materiales y se desperdiciara espacio, resultaba menos costoso disminuir los plazos e independizar los tajos, que prever anticipadamente una estructura bella y racional.

Al final de su vida, con la hermosa cubierta del Club Tachira, Torroja vuelve a demostrarnos que es en las láminas donde encuentra el impulso hacia las formas depuradas y artísticas, donde alcanza su expresión más elevada. En las estructuras laminares colabora con algunos de los mejores arquitectos de su tiempo, como Zuazo, Sánchez Arcas, Arniches y Domínguez.

Tengo recogidas de Torroja catorce normas muy concretas y específicas, que se refieren estrictamente a la relación funcionalidad-belleza en las estructuras, precisiones que demuestran hasta qué punto preocupaba la belleza de las obras

de ingeniería a aquel pequeño y silencioso profesor que, a veces, se lamentaba de que «en la Escuela hay tanto que aprender que rara vez queda tiempo para pensar».

«Ninguna obra pasará a la posteridad por la perfección de sus cálculos. Solamente la forma continuará impresionando», decía Torroja, quien mantendrá hasta el final una profunda preocupación por conseguir las formas estructurales más bellas. Vivió obsesionado por esta idea. Quizá Freyssinet tuviera razón cuando consideraba a Torroja como maestro de construcciones originales. Ciertamente, la continua y deliberada originalidad de sus planteamientos técnicos y de sus soluciones formales es una de las características que mejor definen su obras, elaborada sin apenas tener en cuenta ni los procesos constructivos ni las valoraciones económicas, que nunca le preocuparon demasiado.

NOTA 5

Ninguno de los grandes críticos y estudiosos de la arquitectura del siglo XX ha entendido el profundo significado de la obra de Freyssinet. Un ejemplo bien significativo es el de Giedion, uno de los más lúcidos y honestos, quien ignora los hangares de Orly en su célebre *Espacio, Tiempo y Arquitectura*, a cambio de dedicar seis páginas a la pequeña bóveda de 16 metros de luz y 12 metros de altura del Pabellón del Cemento de Zürich, realizada en 1940, asegurando que allí Maillart «afrenta el problema de la cubierta sin resolver en nuestra época» (*sic*). ¿Qué hubiera escrito de las bóvedas de Orly, si se hubiera detenido a estudiarlas?

Su genial invento del pretensado, fruto estricto de su imaginación, de su coraje y de su esfuerzo, le consagrará en el primer puesto de la ingeniería civil por su aportación fundamental a la historia de la construcción. Sólo la aparición del arco es comparable en importancia histórica al invento de Freyssinet y, en cierto modo, semejante, ya que ambos son artificios mediante los cuales la materia se vence a sí misma.

Hasta el pretensado, el hormigón era una piedra peor que la natural, disgregado y torpe. Con las armaduras convencionales, el hormigón armado sigue sin vínculo verdadero: «extraña coyunda» para Torroja, «material muy trapacero» para Arup, «un triunfo del absurdo» para Freyssinet. Sólo el pretensado, verdadera mutación en la historia de la construcción de grandes obras de fábrica, resuelve sin falsedad y definitivamente este problema. Freyssinet decía que «el hormigón pretensado perdona menos que otro material las contradicciones entre las hipótesis y las realidades. Ésta es en el fondo la razón por la que el hormigón pretensado es tan rico en promesas de orden estético: es difícil hacerle mentir». El puente de Luzancy es como «la columna interminable» de Brancusi, con sus mismas repeticiones simbólicas, aunque horizontal.

Con el descubrimiento del pretensado, la pareja hormigón-armadura es sustituida por la pareja hormigón-hormigón, que se convierte en un sólido homogéneo, isótropo, de la misma categoría que los textiles, los vidrios y los metales. La armadura se oculta y desaparece para cumplir un decisivo papel de vínculo. Freyssinet utiliza, contrapuestas, la fuerza de ambos materiales. Incluso utiliza su mutua debilidad. Leonardo definía el arco como «due debolezze» que se oponen «alla ruina l'uno dell'altro» y que «se conviertan in unica fortezza». Nadie definirá con mayor precisión el concepto del pretensado.

Freyssinet universalizó el hormigón. Lo aplicó a las más variadas construcciones, formas y necesidades. Descubrió las técnicas fundamentales para su utilización. Inventó los principales sistemas de su empleo. Investigó sus cualidades internas y experimentó y perfeccionó la técnica del hormigón hasta límites hoy no superados todavía. Su figura se irá agigantando con el tiempo. De un material tosco, basto y pesado tal como era el hormigón empleado antes de él, hizo inmensas cubiertas de hangares y grandes bóvedas de puentes que, hasta entonces, habían sido propiedad privada de las estructuras metálicas. Después del pretensado, la difusión internacional del hormigón es el mayor legado que los constructores le adeudan.

Freyssinet es el último ingeniero de la historia que asume la obra pública, desde el proyecto hasta su construcción, con una libertad absoluta y con una res-

ponsabilidad técnica y económica total. Desde el primer trazo de su lápiz sobre el tablero hasta el trabajo asignado al último peón de la obra, todo pertenecía a su única responsabilidad, pasando por la maquinaria, la organización de la obra, los pagos a los trabajadores, la seguridad, el dibujo, el cálculo, las dimensiones, los materiales o las acciones exteriores. Con una Administración respetuosa y confiada en su genio, Freyssinet fue a la vez proyectista y contratista. Concebía la obra como una unidad indestructible y dedicaba la misma pasión a la concepción general del proyecto que al dibujo minucioso de una pequeña cuña de anclaje. No dejó nada a nadie. Sus obras forman una *summa* constructiva homogénea e integral, donde no se puede quitar ni un clavo sin que se derrumbe todo su sentido. Por eso Freyssinet siempre proyectó y construyó sus obras con su propia empresa, sin admitir nunca proyectar obras que otros construyeran o viceversa.

Sólo los hangares para aviones que proyectó y construyó enteramente en hormigón desde 1913 merecerían la atención de una tesis doctoral. Primero fueron las bóvedas de Avord, con un espacio libre de 46 m x 60 m, batiendo el récord secular de bóvedas de fábrica que todavía ostentaba el Panteón de Roma con sus 43,43 metros de luz libre. Luego las de los hangares de Istres, las de Villacoublay, las dos de Orly para dirigibles, las de Le Bourget, y por último, las de Palyvestre, de un gran interés constructivo. En 1921 las bóvedas de los hangares gemelos de Orly, de 88 m de luz, 50 m de altura y 300 m de longitud, representan un salto cualitativo en las cubiertas de fábrica, no sólo por sus enormes dimensiones, que son récord indiscutible, sino por los mínimos metros cúbicos de hormigón empleados por volumen útil de construcción: nadie ha superado a Freyssinet en el principio de «hacer más con menos». La relación espesor del hormigón/luz de la bóveda es menor de 1/1.000, diez veces menor que en un huevo de gallina, donde es de 1/100. Las bóvedas de Orly son las primeras plegadas del mundo y su concepto se ha utilizado hasta la saciedad, aplicado a todo tipo de estructuras.

Freyssinet se enfrenta siempre de modo original ante cada obra. Pero nada más lejos de su mentalidad de creador misántropo asocial que buscar notoriedad o prestigio social, ni seguir o encabezar alguna moda. Es un intuitivo genial apoyado en un extraordinario rigor racionalista y, sobre todo, en su propia experiencia acumulada, nacida de su incesante y paciente método científico, utilizando cada obra como un escalón para aprender más. Es la actitud justamente opuesta a la de Picasso: «sí no tengo a mano el azul, tomo el rojo».

En ningún ingeniero se funden como en Freyssinet la teoría y la práctica, la imaginación y la decisión, la fertilidad y la profundidad, el arte y la técnica. Es el último de los grandes ingenieros de la edad heroica. Cierra brillantemente con el puente de Plougastel el primer siglo del hormigón armado, y al mismo tiempo, abre la nueva época del hormigón, unida, ya indiscutiblemente, al pretensado. Pero la fama se equivoca a veces de dirección. Su obra, hasta ahora, ha permanecido oculta en favor de la de otros grandes ingenieros notoriamente inferiores.

En términos históricos, los arquitectos no han comprendido todavía lo que significa el concepto de pretensado en la construcción. Las estructuras metálicas, en sus más diversa tipologías y conceptos, así como el cemento Portland y el hormigón armado, son innovaciones técnicas que tardaron cien años en producir obras maestras de arquitectura. Los arquitectos suelen manejar más a gusto las técnicas y materiales conocidos y experimentados; con ellos producen sus obras más bellas.

Freyssinet nació el año en que se descubrió Altamira, un siglo después de la construcción del primer puente de hierro. Pienso que faltan al menos dos generaciones de arquitectos para que salgan a la luz las primeras creaciones arquitectónicas que incorporen esencialmente el concepto de pretensado.

NOTA 6

Los ingenieros de todas las generaciones posteriores a Eiffel se han sentido fascinados por su torre. Ya decía Alzola, «la Torre Eiffel, ese grandioso monumen-

to de hierro, a cuyo lado han quedado eclipsados el obelisco de Washington, las pirámides de Egipto y la Catedral de Colonia», y recuerda con aprobación cómo el Ministro de Comercio M. Lacroy desatendió la protesta que formularon en nombre de los principios estéticos las primeras eminencias en materia de arte. Y hace poco, Juan Benet, «no es casualidad que la única obra de ingeniería que ha concebido la humanidad como un fin en sí misma, la obra pensada como un canto a la ingeniería y sin otra finalidad que elevar a las alturas el himno a la entonces poderosa y misteriosa diosa, sea la única que lleva el apellido de su autor, la Torre Eiffel».

Sólo quisiera dejar constancia aquí, en este año del centenario de su famosa torre, de cómo respecto a Eiffel quedan todavía por aclarar, al menos las siguientes cuestiones:

- Dónde termina su obra más personal, en la que intervino directamente en el proyecto y en la dirección de la obra *in situ*, en el encaje en el paisaje, en la solución constructiva singular y especial, etc., (como sucede en el puente sobre el río Duero en oporto o en el viaducto de Garabit), y dónde comienzan sus obras de taller, realizadas con un concepto más universal, sin ubicación determinada, en las que estaba más preocupado por crear soluciones globales válidas para los problemas comunes en cualquier río de cualquier país (como en sus proyectos de puentes en Indochina o en América del Sur), creando un cierto *estilo internacional* de puentes en esta época.
- El proyecto y la construcción de su famosa torre como límite entre ambas concepciones: la paradoja de que fuera Eiffel quien calculara el edificio oval del Campo de Marte de la exposición de 1867 en París y fuera el oscuro y olvidado ingeniero Koechlin de la empresa Eiffel quien proyectara y calculara la célebre torre de los 300 metros.
- El papel que pudo cumplir Eiffel como pionero en la prefabricación de compuestos de elementos metálicos simples al servicio de la racionalización de los proyectos y de los procesos constructivos tipificados.
- La brillante excepción que supone Eiffel como maestro de categoría mundial de las técnicas de las estructuras metálicas en Francia, un país de enorme tradición en la construcción de puentes de fábrica, antes y después de su obra.

NOTA 7

Cerdá descubre una materia que nadie conocía aunque estaba a la vista de todos; la materia urbana, una sustancia viva, informe, rebelde, complejísima y resistente que había que modelar. Cerdá nunca separa la técnica práctica de la inquietud teórica. Dotando de un carácter científico al urbanismo, su profunda visión de conjunto le permitió superar la simple y vieja concepción del urbanismo como producción de cosas en el espacio para buscar, en cambio, la creación real y científica del espacio urbano. Un espacio urbano descentralizado, no jerarquizado, contra todas las normas convencionales de sus contemporáneos. Fue tachado de utópico.

Ildefonso Cerdá y Sunyer, ingeniero de caminos, fue siempre, hasta su final, un profesional de primera fila, sin abandonar su vocación, a costa de enormes dificultades económicas. Supo también, y de modo ejemplar, dar testimonio público de su actitud política y mantener con firmeza la dignidad ética y personal imprescindible para sentirse al lado de su pueblo, un pueblo al que sirvió siempre, aunque sus manipuladores lo ocultasen durante un siglo, difamándole y distorsionando su imagen. Estuvo por dos veces en la cárcel, en 1856 y 1857, los años de la peor represión contra los progresistas y liberales en Cataluña.

Cerdá ha sido objeto de una enorme injusticia, que ha durado todo un siglo, por parte de sus paisanos. Si bien es verdad que algunas voces como las de Angelón, García Fariás, el Gatepac, Fabián Estapé, Arturo Soria y Salvador Tarragó llamaron la atención sobre su obra, también es cierto que fueron muchos más los que en Cataluña tomaron la pluma para atacarle sin molestarse en investigar ni su vida ni su obra. Todo ello unido a esa tradicional inquina con que se maltrata en España al que descolla. Cerdá mismo decía en uno de sus escritos: «¡Lás-

tima que la gratitud y la justicia se hagan esperar las más de las veces años y aún siglos! ¡Lástima que el premio del talento y del heroísmo no se encuentre casi nunca en la misma generación que ha debido admirarlo! Y es que el corazón del hombre, esclavo comúnmente de la envidia, desdeña confesar la superioridad de un coetáneo, dejando a las generaciones venideras la dignísima tarea de premiarlas».

Cerdá contó durante largos años con el apoyo inestimable de sus compañeros que, desde el Ministerio de Fomento, impulsaron la aprobación del Plan de Reforma y Ensanche de Barcelona y que, desde la Revista de Obras Públicas, elogiaron sus trabajos, divulgaron sus ideas y polemizaron contra quienes, anteponiendo el interés propio al interés común, se oponían a una nueva y revolucionaria política urbanística más equitativa y racional.

Cerdá, diputado por Barcelona, demócrata, republicano y federal, obsesionado por mejorar el país a través de la reforma de su infraestructura, en un durísimo discurso en el Congreso de los Diputados (24 julio de 1851), se queja amargamente de la «falta de orden y de plan» del programa de obras públicas del Gobierno y defiende, sin embargo, a sus compañeros, a quienes acusaban los políticos. Para Cerdá, la responsabilidad no es del Cuerpo facultativo, «al que he tenido la alta honra de prestar mis servicios durante muchos años, y conozco a fondo su indisputable mérito, que soy el primero en acatar».

Pero si después de más de un siglo, la obra de Cerdá sigue teniendo interés para unos y otros, es, sobre todo, porque, al profundizar en los proyectos concretos que emprendió, llegó a los problemas permanentes, a los problemas de ayer y de hoy: ¿sobre qué bases cimentar una ciencia urbana? ¿Cómo objetivar cuestiones en las que confluyen intereses contradictorios y múltiples? ¿Qué método seguir para que la gran cantidad de variables y datos que es preciso considerar no haga perder de vista lo esencial? ¿Cómo conjugar lo que se debería hacer con lo que en un instante dado se puede hacer? Las respuestas que, con su vida y su obra, dio Cerdá a esos interrogantes enriquecen el patrimonio de nuestra técnica y nuestra cultura, en las que no abundan precisamente figuras de características similares a las suyas.

Cerdá será siempre para mí un ejemplo de honradez y coraje en el trabajo profesional, llevado hasta sus últimas consecuencias, es decir, hasta la soledad, la pobreza y el desprestigio social.

Soledad trágica, que expresa Cerdá al final de su vida en un texto sobrecolector: «Dejo, no sé si para siempre, la ciudad de Barcelona, en pro de la cual puedo asegurar haber hecho siempre cuanto me ha sido dable, a pesar de abrigar la convicción más profunda de que nunca me lo sabría agradecer». Cerdá es el ejemplo máximo de como –tal como él decía– «un simple particular, aislado y abandonado a sus propias fuerzas, puede contribuir al mayor desarrollo posible de la riqueza, prosperidad y bienandanza de la nación española».

En nuestra sociedad, los ingenieros sabemos que las críticas más esquemáticas e irreflexivas, incluso la mofa de los ignorantes, se dirigen sin excepción contra los que quieren corregir algo y no contra lo anacrónico. Las sátiras políticas y sociales contra nuestro trabajo han sido y son reaccionarias, están dirigidas contra la utopía. Cerdá es el paradigma de esto que afirmo, aunque no faltan otros ejemplos más conocidos y recientes.