

## LA APORTACION DE LA INGENIERIA CIVIL AL ACERVO DE LA CULTURA ESPAÑOLA

P O R E L

ILMO. SR. D. ALBERTO VIADER MUÑOZ

### 1. — I N T R O D U C C I O N

Excmos. e Ilustrísimos Sres., señoras, señores:

Mis primeras palabras al ocupar esta tribuna han de ser para agradecer a esta docta Corporación la distinción de que me hace objeto y, al mismo tiempo, para rogar disculpa por las muchas faltas que, lógicamente, ha de encontrar en esta disertación.

Creo que tanto mi agradecimiento como mi petición de disculpa tienen la misma justificación, pues mi nombramiento como Académico Numerario es indudablemente un alto e inmerecido honor ya que mi nivel intelectual y cultural es muy inferior al de cualquiera de los ilustres Académicos que me escuchan.

Tan lo creo así, que, en muchas ocasiones, he tenido serias dudas sobre si debía aceptar o no. Me ha animado sólo el hecho de saber que voy a encontrarme rodeado por la amabilidad de todos, y me halaga y obliga el hecho de que mi nombramiento corresponde, en realidad, a un miembro del Cuerpo de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, al cual pertenezco, y, también, que sucedo a otro Académico que ostentaba el mismo título: el Ilmo. Sr. D. Cleto Miguel Mantecón y Arroyo.

### 2. — EL ACADEMICO DON MIGUEL MANTECON ARROYO

También en esta ocasión me considero en manifiesta inferioridad, dado que la historia profesional de mi antecesor no puede ser más brillante.

Desde 1891 en que ingresó al servicio del Estado ocupó distintos cargos en las Jefaturas de Obras Públicas de Avila, Soria y Zaragoza, pasando a la División Hidráulica del Ebro en 1900. Sus merecimientos fueron altamente estimados y en 1905 se le nombró Ingeniero Director de las obras del Pantano de Sta. María de Belsué, ascendiendo a Ingeniero Jefe en 1909, y pasando al Negociado de Puertos de la Dirección General de Obras Pú-

blicas hasta 1913, en que pasó al Negociado de Explotación de Ferrocarriles, volviendo al año siguiente a la Jefatura de Zaragoza como Ingeniero Jefe, y permaneciendo en ella hasta 1924, en que pasó a la situación de Super-numerario para dedicarse a asuntos propios.

Aunque la vida profesional de D. Miguel, al servicio del Estado fue muy brillante, es, a partir del momento en que se dedica a las empresas particulares, cuando, a mi juicio, comienza lo mejor de su actuación profesional, pues, si mi memoria no falla, fue en esas fechas cuando junto con su ilustre compañero D. Félix de los Ríos y con los debidos apoyos financieros creó la Sociedad Constructora Vías y Riegos, S. A. de la cual fue Presidente, y alcanzó en estas actividades la máxima categoría en España dado que, no sólo trabajó esa Empresa en Zaragoza y su región en las obras más importantes, tales como las Azucareras de Luceni, Cortes, Calahorra y Alfaro, la fábrica de Cementos Portland Zaragoza y el ferrocarril Soria-Castejón, la Presa del Pantano del Ebro, etc., sino que llegó, con proyecto, dirección y ejecución de obras a todo el ámbito nacional, adjudicándose en concursos internacionales libres, obras tan importantes como la esclusa del Puerto de Sevilla, incluso el plan de mejoras de sus darsenas y apertura del nuevo cauce por la vega de Triana, que hoy prestan sus servicios, aislando la ciudad de las avenidas del Guadalquivir e interviniendo en otras obras, como, por ejemplo, en Huelva, en los muelles de aquel puerto, que se citan en todos los tratados de cimientos especiales por constituir un avance precursor de la ciencia que hoy llamamos Mecánica del Suelo, ya que por primera vez se empleó la técnica de sustitución de suelos previa prueba de resistencia de los mismos mediante terraplén compresor.

Pero no fue sólo esta actividad de Contratista de Obras Públicas en la que D. Miguel tuvo actuaciones privadas, sino que aquí, en Zaragoza, formó parte del primer Consejo de Administración de la "Teledinámica del Gállego".

Como sabe esta docta Corporación, Eléctricas Reunidas de Zaragoza se constituyó por fusión de varias empresas, siendo las primeras la "Cía. Aragonesa de Electricidad", la "Electra Peral Zaragozana" y "Fuerzas Motrices del Gállego", las cuales constituyeron la que se llamó "Sociedades Eléctricas Reunidas" que nació en noviembre de 1904; y, al unirse a éstas "Teledinámica del Gállego" y "Electroquímica Aragonesa" fundaron la que hoy se llama "Eléctricas Reunidas de Zaragoza" en primero de enero de 1911, y de esta última, D. Miguel Mantecón y Arroyo fue su Presidente desde 1927 a 1936.

Con este esquema de la actuación profesional de D. Miguel queda bien claro que fue un ilustre Ingeniero, cabeza de una dinastía de Ingenieros de Caminos también de gran valía.

### 3. — EL "ARBOR SCIENTIAE"

El análisis de esta vida me ha llevado al conocimiento de que a una Academia de Ciencias Exactas Físico-Químicas y Naturales pueden pertenecer hombres que no han dedicado sus actividades a la ciencia llamada pura, es decir, a aquella parte de la misma, cuyo estudio no tiene más estímulo que la superación del espíritu mediante el descubrimiento de las leyes que rigen el mundo que nos rodea, e incluso, de nuestro mundo interior, nuestro propio yo.

Por otra parte, al pensar que es difícil definir, dónde termina la ciencia pura y comienza la aplicada, y, dónde están los límites hasta los que llega el ámbito de una cualquiera de sus ramas y comienza el de su colateral, se concluye que, alrededor del "arbor scientiae", cuya pujante vida es inmortal y cuyo crecimiento y ramificación siguen en estos tiempos una ley exponencial, sea necesario agrupar hombres de muy distintas especialidades para lograr con el esfuerzo de todos el mejoramiento de los conocimientos humanos y, consecuentemente, del bienestar común.

Y puesto que estamos reunidos al pie de este corpulento y frondoso árbol, tratemos de escalarlo hasta encontrar la rama correspondiente a la Ingeniería Civil, y veamos cuáles son su ámbito, su importancia, sus entronques, y las aportaciones que ha hecho al acervo de nuestra cultura.

### 4. — LA INGENIERIA CIVIL. SU AMBITO

Claro está que para discriminar cuál es esta rama habremos de definirla previamente, y en el ánimo de todos está, que es aquella que da vida en nuestro país a las actividades de los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

Evidentemente esta definición carece de rigor, pero quizá sea la mejor puesto que siendo fácil definir su esencia, resulta difícil precisar sus límites, dado que en muchos puntos roza o se superpone con otras actividades de la Ingeniería y de la Arquitectura.

Así lo demuestran los hechos que, a vía de ejemplo, vamos a comentar.

### 5. — LOS CAMINOS

Refiriéndonos a los caminos, carreteras o autopistas, cuando se trata de su construcción intervienen en primer lugar consideraciones de tipo político y económico, puesto que ellas determinan la necesidad de la nueva obra. Los caminos son conocidos de la humanidad desde tiempo inmemorial: comenzaron por sendas, siguieron por pistas, continuaron, con pavimentos como los de las calzadas romanas y siguieron, mejorando con el tiempo, hasta alcanzar los que todos conocemos y utilizamos en la actualidad. Pero lo mismo en este caso que en cualquier otra rama de la actividad humana a medida que el tiempo pasa, las cosas se complican, y así como aquellas

sendas primitivas, aquellas pistas, aquellas calzadas romanas e incluso las carreteras de Carlos III, no necesitaban más que ser trazadas a ojo por los sitios que parecían más convenientes, hoy, el proyecto de una autopista moderna constituye una verdadera ciencia, y, sin duda, uno de los brotes más importantes de la que nos ocupa.

En efecto, es preciso, no sólo unir dos puntos y tener en cuenta la topografía de los terrenos que ha de atravesar, sino el tráfico para cuyo servicio se crea, es decir, la clase y características de los vehículos, la densidad de su circulación, su origen y destino, la posibilidad y probabilidad de su crecimiento, etc. Una vez en posesión de estos datos, que nos entrega la llamada Ingeniería de Tráfico, se fija la sección transversal de la autopista, que normalmente ha de servir a dos direcciones con un ancho suficiente cada una para el número de canales que determine la densidad de tráfico, las pendientes más adecuadas, las curvas de acuerdo en horizontal y vertical, los peraltes, los pavimentos más indicados, los cruces y enlaces con otros caminos o autopistas, al mismo o a distintos niveles, que algunas veces resultan complicadísimos y exigen verdaderas obras maestras de la Ingeniería moderna, y para todo ello es preciso tener en cuenta, además, modalidades en las que, de momento no se piensa.

Parece como si el problema del trazado quedase resuelto mediante la comparación de presupuestos de varias soluciones; pero para ello no basta con un levantamiento topográfico aéreo, una restitución, unos cálculos, cubriciones y presupuestos con ordenadores electrónicos en los que se tengan en cuenta los movimientos de tierras mínimos o aquellos que ofrezcan una mejor compensación entre desmontes y terraplenes, habida cuenta de las obras de fábrica grandes y pequeñas que sea preciso hacer en cada una de las soluciones estudiadas, es decir, puentes, viaductos, túneles, alcantarillas, muros de contención o de defensa, etc., sino que, también, es preciso tener en consideración los muy diversos tipos de obras según las características de los terrenos y las diversas soluciones que tienen siempre un mismo problema. Igualmente, puede determinar un trazado, el valor de terrenos o instalaciones extremadamente ricos cuya expropiación sea demasiado onerosa, o el deseo de respetar y rendir homenaje a determinados monumentos históricos o artísticos; o atender a conveniencias turísticas.

Es decir que, en la concepción moderna de este antiquísimo medio de comunicación que hemos llamado "camino" existe una variedad considerable de circunstancias a tener en cuenta en su proyecto: políticas, económicas, históricas, artísticas, turísticas, etc., unas y, otras, técnicas comprensivas de las distintas ramas de la Ingeniería moderna que han de colaborar con la Civil, en los bordes de su típica actividad. Tales son, la Forestal, la Agronómica, la Industrial y la Ingeniería de Minas cuya intervención también puede determinar, como sabemos de algún caso concreto en España, que después de haber hecho estudios muy profundos de Ingeniería Civil de acuerdo con necesidades y conceptos urbanísticos para dar solución a tremendas congestiones de tráfico urbano mediante construcción de variantes importantes en sus vías de comunicación, han aparecido minas de gran importancia en el trazado seleccionado cuya expropiación ha obligado sin ningún género de duda a variar de ideas.

Ya vemos con este simple ejemplo como es preciso una íntima colaboración entre distintas técnicas para determinar un simple trazado privativo siempre, en lo principal, de la Ingeniería Civil.

En cuanto llegamos a pavimentos nos encontramos con otra rama muy especializada en la técnica de la Ingeniería Civil, y muy variada en cuanto a su diversidad. Exige, estudios del suelo muy importantes y previos al proyecto; y a pie de obra, durante la construcción, un laboratorio de análisis y recepción de materiales, dosificación y granulometría de los mismos. compactación, etc., es decir, laboratorios de Química y Mecánica del Suelo. Claro está que para el proyecto del pavimento más adecuado es preciso conocer previamente las sobrecargas a que ha de resistir y las condiciones que le imponen el suelo y el clima.

También entra dentro del ámbito de la Ingeniería Civil el proyecto y construcción de las pistas de aterrizaje, circulación y estacionamiento de aviones en los aeropuertos, cuya técnica se basa en los mismos principios que la de cualquier otro camino con las peculiaridades a que obligan las características de los vehículos que por ellas han de circular, es decir, los aviones. El proyecto y construcción de estos últimos es, sin duda, privativo de la Ingeniería Aeronáutica y ella es, la que debe señalar el trazado más conveniente de las pistas de circulación y despegue, zonas de servicios y superficies de seguridad necesarias, así como las sobrecargas que actúan sobre el pavimento.

## 6. — EL URBANISMO

El urbanismo moderno es otro de los capítulos cada vez más importantes de la clásica Ingeniería Civil enlazado íntimamente con la Arquitectura, pues los problemas recientes que origina el cada día más creciente tráfico obliga a soluciones viales de nueva concepción, que en el caso de ciudades modernas encauza y dirige la circulación según sus características de velocidad, peso y densidad previsibles, por vías independientes de aquellas otras privativas de sectores definidos como residenciales, comerciales, sociales, deportivos, de industria especial o pesada, etc., proporcionando al mismo tiempo los debidos enlaces entre unos y otros que suelen ser muy complicados. También en las ciudades antiguas es preciso aprovechar las centenarias arterias y en ocasiones es preciso construir pasos a distinto nivel unas veces elevados y otras subterráneos; ferrocarriles metropolitanos subterráneos o aéreos para descongestionar el tráfico callejero, etc.

No cabe olvidarnos aquí de las importantes obras de Ingeniería Civil de esas ciudades que, como todas, han nacido al amor de un río y han sabido utilizarlo no sólo para beber sus aguas sino para embellecerse encauzándolo y utilizando sus dos márgenes, uniéndolas por magníficos y en ocasiones bellísimos puentes, construyendo muelles para mercancías y viajeros de tráfico fluvial. Como contrapartida existen, desgraciadamente, otras que viven a espaldas de los mismos y vierten a ellos sus desperdicios con verdadero desprecio de sus posibilidades y olvido de los remedios que esa situación pudiera tener.

Obras urbanísticas típicas de la Ingeniería Civil son también los túneles

que unen las márgenes de los ríos importantes, cuyo cruce por puentes resultaría sumamente oneroso o imposible por motivos de navegación y los que se construyen a beneficio del tráfico solucionando difíciles problemas de cruces viarios; también lo son el abastecimiento y distribución de aguas en las poblaciones y su red de evacuación de aguas negras e incluso las modernas galerías de servicio en las cuales se agrupan todas las canalizaciones de aguas limpias y negras, teléfono, electricidad, gas, calefacción, etcétera que constituyen verdaderas ciudades subterráneas.

## 7. — FERROCARRILES

Si hablamos de ferrocarriles nos encontraremos con los mismos problemas anteriores pero todavía más complicados, puesto que los problemas característicos de la Ingeniería Civil que serían fundamentalmente los de la construcción de la vía con todas sus obras, importantísimas en muchos casos, se encuentran íntimamente ligados con la explotación de los ferrocarriles, lo que implica no sólo conocer y aún dirigir el tráfico, sino también, las características del material móvil y de tracción, sin olvidar que éste tiene características muy diversas, cada una de las cuales necesita medios muy distintos de aprovisionamiento, que han de ser proyectados y construidos adecuadamente.

La correcta planificación del tráfico, la señalización de la vía, la dirección centralizada del movimiento —sistemas CTC y otros— la electrificación, etc., permiten duplicar y aún triplicar la capacidad de transporte de una sola vía. El conocimiento y manejo de estos elementos permite resolver problemas que de otra manera no tendrían solución si no se construyesen dobles vías. A fin de cuentas, como siempre, antes de decidirse por una solución u otra es preciso hacer muchos números y contar con las finanzas.

Aquí nos encontramos otra vez perfectamente ligadas para trabajar en equipo en los límites de lo privativo de la Ingeniería Civil, con todas las ramas de la Ingeniería y con la Arquitectura, dado que a ella corresponde la construcción de los edificios de viajeros, muelles, almacenes y tinglados para el tráfico de mercancías, etc.

## 8. — OBRAS HIDRAULICAS

Si nos fijamos en la palabra "canales", que es el segundo apellido de los Ingenieros de Caminos, veremos que en ella queda sintetizada una inmensa especialidad que podríamos llamar, sin duda, Ingeniería Hidráulica.

En ella están comprendidos el proyecto, construcción, conservación y explotación de las presas de embalse o de derivación, la captación de aguas superficiales o subalveas, las conducciones de las mismas hasta sus puntos de aprovechamiento para usos industriales, agrícolas o ciudadanos, tanto mediante canales a cielo abierto o en conducciones cerradas, con presión o sin ella, incluso, si procede, con estaciones de tratamiento y corrección de las mismas, su distribución y, también, después de utilizadas, sus siste-

mas de evacuación y procedimientos de depuración. La defensa de ciudades y vegas contra la acción continuada de las aguas y durante avenidas mediante las obras pertinentes en cada caso.

Lo mismo que en el caso de los "caminos", en el proyecto, realización y explotación de cualquier obra hidráulica intervienen multitud de factores, principalmente de orden legal, político, social y económico; y ocupan, paradójicamente, el segundo lugar, los estrictamente técnicos.

En todos los casos, es primordial el conocimiento de los recursos hidráulicos que se trata de aprovechar y la necesidad que de los mismos se tenga.

De todos es conocida la gran variabilidad del caudal de un río, especialmente en nuestra Patria, en la que existen algunos que, por causas que no vamos a analizar, tienen avenidas de 10.000 m<sup>3</sup>/seg. y en estiaje se conforman con uno o dos. Es imprescindible en estos casos disponer de embalses de regulación interanual, llamados en otros tiempos hiperembalses, tanto si se desea disponer de estos caudales en la medida y tiempo convenientes como si se trata de defender a las ciudades y comarcas de las terribles inundaciones que con demasiada frecuencia asolan nuestro país.

Para conocer el régimen de un río es preciso disponer de datos de aforos que comprendan el período de tiempo más largo posible; y si, como sucede muchas veces, se carece de ellos se puede llegar a un conocimiento teórico bastante aproximado partiendo de datos pluviométricos, más abundantes hoy día, coeficientes de escorrentía, comparación con ríos vecinos, fórmulas que relacionan unos y otros con las cuencas, etc. El estudio y conocimiento de todo ello pertenece por completo a la Hidrología.

La medida y tiempo en que necesitamos de esas aguas depende de la clase de aprovechamiento. Si se trata de usos industriales el programa de necesidades será muy distinto al correspondiente a usos agrícolas y distinto también al de abastecimiento de aguas para usos domésticos; y más todavía si la necesidad de embalsar se deriva simplemente de la de defensa contra inundaciones.

Dentro de cada uno de estos grandes grupos hay también diferencias notables en el programa de necesidades. Sin embargo, existe la posibilidad y la evidente conveniencia de conjugar los diversos programas refundiéndolos en uno sólo para lograr el aprovechamiento integral de las aguas a lo largo de su curso desde su nacimiento hasta su desembocadura en otro río o directamente en el mar.

Estas mismas posibilidades se dan no sólo en un cauce aislado sino también, cuando se trata de un sistema formado por un caudaloso río y sus afluentes. Por ejemplo, el Ebro.

De la comparación entre el régimen de aportaciones y el programa de necesidades se deduce la capacidad del embalse.

La intuición del Ingeniero, la Topografía y la Geología determinan el lugar o lugares donde es posible embalsar, y mediante la curva de volúmenes entre el cauce y las diferentes cotas se deduce la altura de la presa. Es curioso anotar como la Naturaleza, única determinante de esta curva, sigue en todos los embalses una ley exponencial rigurosamente matemática.

Aunque, a primera vista, parece que el problema de embalsar, tal como se ha expuesto queda ya resuelto pues no hay más que hacer la presa, no es

así ante la multiplicidad de tipos a comparar ya que lo convierten de aparentemente sencillo en realmente complicado.

Hoy se proyectan presas de tierras, de escollera, de materiales sueltos inyectados, de hormigón en masa, armado, pretensado, mixtas, etc., y dentro de cada uno de estos tipos existen múltiples variantes. Por ejemplo, refiriéndonos sólo a las de hormigón en masa cabe hablar de las de gravedad con perfil triangular, con perfil de igual resistencia, arco-gravedad, bóveda de simple o doble curvatura, de anillos independientes, de contrafuertes, aligeradas, etc.; con aliviadero de labio fijo o de compuertas, con toda su gran variedad, en coronación de la presa, con sus amortiguadores de energía al pie de la misma o disponiendo aliviaderos independientes. En ocasiones constituyen también grave problema los dispositivos de toma y desagüe de fondo que han de resolverse en cada caso, lo mismo que el fundamental de tipo de presa, atendiendo a las condiciones geológicas, físicas y mecánicas de la cerrada en donde se piensa construir, teniendo en cuenta, también, el destino ulterior del aprovechamiento.

Con una adecuada presa de embalse o un bien estudiado sistema de ellas se pueden cumplir varios fines simultáneamente como son, producción de energía eléctrica, riegos, abastecimientos de aguas para usos domésticos y defensa contra inundaciones.

Si hechos los estudios, más arriba indicados, comparativos entre aportaciones y necesidades, resultase una capacidad de embalse muy pequeña, habríamos de construir una presa de derivación.

Las conducciones de agua desde sus embalses se hacen a presión o sin ella, estando en el primer caso la mayor parte de las conducciones para abastecimiento a las ciudades o poblados, todas las redes de distribución interior de las mismas y las forzadas para aprovechamientos industriales. Las conducciones sin presión, son los canales.

De su importancia, de su trazado ni de las importantes obras que le son características casi no vale la pena hablar, sobre todo en una región como la Aragonesa cuya riqueza agrícola se debe en su mayor parte a los canales de riego y cuya energía eléctrica, motor de su industria, es generada en abundantes saltos hidroeléctricos.

## 9. — LA ENERGIA ELECTRICA

En el caso de estos aprovechamientos el Ingeniero, cuando trata de proyectar y construir uno, se ve obligado a estar en posesión de datos que se refieren a la futura explotación comenzando por conocer el mercado que ha de tener, tanto en cuanto al volumen de energía a producir como a sus curvas diarias, mensuales y anuales de demanda; y como el punto de entrega de ésta se fija por el abonado, también deberá proyectar o, al menos conocer, todas las características del transporte y distribución de la energía para conocer en cada momento, las pérdidas que sumadas a la demanda darán la energía que ha de ponerse en red y producirse.

La explotación de estas empresas, especialmente si se trata de un gran mercado y consecuentemente de una pluralidad de centros de producción

y de redes de transporte y distribución, obliga al Ingeniero en todos los casos a dirigir el tráfico, lo mismo que en las autovías o ferrocarriles, para que obteniendo el mejor aprovechamiento de sus recursos pueda hacer economías y evitar construcciones que podrían ser superabundantes. Hoy en casi todas las naciones la dirección del transporte de energía está centralizada en los llamados repartidores de cargas, que permiten conjugar los recursos totales de la nación obligando a intercambios entre las distintas empresas

Naturalmente, a nadie se le oculta, y muchísimo menos a un tan distinguido auditorio como el que me escucha, que siendo la energía eléctrica en España de procedencia fundamentalmente hidráulica y estando íntimamente ligadas la demanda de energía con la fluencia de las aguas en sus aprovechamientos resulta que los regímenes hidráulicos se ven condicionados a los energéticos y aún a los de protección de ciudades o comarcas contra inundaciones. Estas circunstancias han de tenerse en cuenta no sólo al momento de proyectar sino, también permanentemente, durante la explotación.

## 10. — LOS PUERTOS

El Ingeniero no puede olvidar que en todas sus actividades no hay más que un solo objetivo: servir de la mejor y más económica manera posible el servicio para el cual crea sus realizaciones.

Así en los "puertos", el servicio que se le pide es el característico de una estación de llegada, salida o transbordo de viajeros y mercancías desde un medio de transporte terrestre a otro marítimo o viceversa, con todas las instalaciones requeridas por esos fines.

Así, a los medios marítimos, los buques, ha de servirles con los dispositivos de atraque, abrigo, carga, descarga, aprovisionamiento, pertrechos, construcción y reparaciones que le son necesarios, faros, balizas, etc.

Igualmente a los medios terrestres, de cuanto necesitan incluso edificios de almacenes, estaciones marítimas de viajeros, lonjas para pescado, fábricas de hielo, frigoríficos y en ocasiones complicadas instalaciones de transbordo de minerales, etc.

Las primeras obras que se construyeron en los puertos fueron las de atraque, limitadas inicialmente a simples muelles o pantalanés de madera, suficientes para el servicio de pequeñas embarcaciones en el interior de puertos naturales o aprovechando el abrigo de los ríos tierra adentro.

Hoy las obras de atraque que se construyen son muy variadas y a veces de muy difícil ejecución vencida sólo por la técnica.

El tipo más adecuado de las mismas depende en primer lugar del servicio para el que se crean, del desplazamiento de los barcos que han de atracar, del terreno sobre el cual han de cimentarse, de los materiales de que se dispone para su construcción o en ocasiones, del plazo de ejecución.

Así nos encontramos con los muelles de atraque constituidos por grandes bloques de hormigón en masa prefabricados en tierra y simplemente colocados in situ con pesos de 60 a 80 toneladas y de forma adecuada para

resistir los empujes de trasdos de los rellenos, los impactos del atraque, y el tiro sobre bolardos, con cimientos generalmente de escollera y superestructura de hormigón o, antiguamente, de mampostería, a través de las cuales se establece una verdadera galería de servicios. Este mismo tipo de muelle se construye también con cajones de hormigón armado contruidos en gradas o varaderos ad hoc, flotados remolcados y hechos naufragar en su emplazamiento definitivo y finalmente rellenos hasta alcanzar el peso necesario para resistir a las solitudes externas que le son características.

También se construyen con tablestacas de aceros especiales y anclajes en trasdos cuando los calados son grandes o mediante recintos de planta circular. En nuestra Patria se ha construido este tipo de muelle comercial para pequeños calados con pleno éxito empleando la técnica de los pilotes de hormigón armado in situ.

Otro tipo empleado en España es el aligerado constituido por pilas y bóvedas de puente de espesores adecuados aunque ha sido desechado en los puertos cuya carrera de marea era demasiado grande.

El hormigón armado en cuya técnica nuestro país ha alcanzado la mayor cotización ha permitido la construcción de muy económicos muelles pesqueros sobre pilotes del mismo material hincados a percusión, e igualmente, la de pantalanos algunos de los cuales se adentra en mar abierta más de 800 m. protegiéndose por Duques de Alba que proporcionan al mismo tiempo magnífico amarre y posibilidad de maniobra.

La primera obra portuaria es como decimos el muelle; pero aquellas que exigen mayor conocimiento de la mar con todas sus características de olas, mareas, corrientes, resacas, arrastres, temporales, etc. son los diques de abrigo que comenzaron a ser necesarios al hombre en cuanto hubo de utilizar puertos no naturales carentes del mismo.

El proyecto de los diques de abrigo ha constituido una de las mayores preocupaciones de la humanidad, pues es difícil determinar cuál es su sección transversal más adecuada para resistir la violencia de los temporales habida cuenta de los fondos, lo que exige conocimientos geográficos, geológicos y meteorológicos muy profundos; y en cuanto a su trazado en planta podemos decir que sólo en nuestros días se ha podido establecer una teoría matemática y científica, debida a un eminentísimo Ingeniero español, que por primera vez en la historia de la humanidad ha reducido a fórmulas y ha dominado los mares consiguiendo que cuando en alta mar hay tremendas tempestades que hacen zozobrar las embarcaciones, dentro del puerto reine la calma gracias al abrigo de sus bien proyectados diques que, por añadidura, protegen sus dársenas de los aterramientos por arrastres de arenas que los invadían en otros tiempos.

Además de estas obras fundamentales existen otras características de los puertos, que pareciendo complementarias son en ocasiones tan importantes y de difícil ejecución como las primeras. Tales son los diques secos de carena, las gradas de construcción, los varaderos, los faros, balizas, etcétera.

Señores Académicos: la técnica portuaria es sumamente sugestiva. Podríamos hablar de sus particularidades durante mucho tiempo y es preciso abreviar. Por ello no voy a mencionar las instalaciones de tierra adentro

que han de proporcionar al viajero o a la mercancía lo que los ingleses llaman "facilities", es decir, cuantos servicios son necesarios en una estación de transbordo, que esto y no otra cosa es un puerto. En ellos volvemos a encontrarnos con problemas urbanísticos, arquitectónicos, comerciales, aduaneros, policiales, viales y ferroviarios.

### 11. — ESTRUCTURAS

De lo dicho anteriormente, que es una simple exposición del significado que en nuestro título tienen las palabras "Caminos", "Canales" y "Puertos" se deduce cuál es el contenido de nuestra profesión al menos en su parte externa; pero repasando conceptos se ve claramente cómo el Ingeniero Civil ha de poseer muy amplios y profundos conocimientos del cálculo de estructuras ya que son muchas y variadas las que necesita proyectar como parte integrante y a veces singular de cualquiera de sus realizaciones. Es tan amplio este campo que constituye una verdadera especialidad dentro de nuestras actividades y, desde luego, una de las más difíciles de poseer hasta el punto de que dentro de ella hay especialistas de las distintas clases de cimientos y superestructuras según sus materiales, según sus formas, según sus objetivos, sus métodos de construcción, etc.

### 12. — ACCION EMPRESARIAL E INDUSTRIAL

Del mismo examen se deduce, igualmente, como el Ingeniero civil cuando resuelve los complicados problemas que presenta la explotación de cualquier sistema de comunicaciones y transportes, de riegos, de producción y distribución de energía eléctrica, servicios de puertos, etc. ha de tener amplios conocimientos de organización, desarrollo y actividad de empresas que, llegando a su madurez ha de dirigir.

Entre las industrias que le son más características está la de la construcción en cuyo campo militan hoy más del 25 % de los Ingenieros civiles españoles. Difícil profesión la del Contratista, nunca suficientemente apreciada por cuanto exige para su mejor desarrollo profundos conocimientos de los métodos de construcción, de la variadísima maquinaria, de la organización de las obras y de su empresa, legislación laboral, contractual, fiscal, empresarial y por si esto fuera poco ha de conocer perfectamente el arte y ciencia de proyectar con pleno conocimiento de aquello que se le exige, y acude, en ocasiones, con proyectos propios a concursos abiertos que le permiten, caso de adjudicación, mejores beneficios y la mayor consideración.

### 13. — IMPORTANCIA DE LA INGENIERIA CIVIL

Hasta ahora, señores, sólo hemos hablado de la Ingeniería Civil en términos generales, pretendiendo definir cuál es esta rama del "arbor scientiae" refiriéndonos a su especial campo de acción; y esta simple ex-

posición, o enumeración de actividades, parece bastante para proclamar su importancia y trascendencia en la gran revolución tecnológica que caracteriza la cultura de nuestros días.

#### 14. — CIENCIAS BASICAS Y AUXILIARES

Nuestra Ciencia, vemos se apoya en otras muchas: unas, ya clásicas, y otras de reciente nacimiento. Pero en todas, prácticamente por igual.

Podemos asegurar que arranca del tronco común de la Filosofía sin cuya ayuda, especialmente de la Lógica, no podría concebir ninguna de sus realizaciones; y se apoya fuertemente en la Matemática, la Física y la Química, en su teórica; pero en la práctica ha de depurarse en las Ciencias Económicas, en la Sociología y en el conocimiento del Derecho; y si quiere brillar a la altura que debe, también debe dominar la Lingüística, el Arte y la Historia.

Efectivamente, la Matemática y la Física son fundamentales: la primera, en todas sus partes ya que es herramienta indispensable para el Ingeniero: la segunda, en aquellos que eran brotes hace sólo pocos años y son hoy verdaderas y corpulentas ramas como la Estática clásica, la Resistencia de los sólidos, la Mecánica Elástica, la Plástica de los mismos; la Dinámica y Cinemática, la Mecánica de los fluidos enlazada con la Energética, la Termodinámica, las Ciencias Nucleares, etc. La Química, en cuanto a composición de los materiales que utiliza, cada día más variados y variables en sus propiedades, los combustibles sólidos, líquidos y gaseosos, etc. Necesita también de la Geología, Geografía Física, Hidrografía, Hidrología, Mecánica de los Suelos, de las Rocas, etc. en cuanto a su teórica.

En la práctica, en sus realizaciones, roza siempre con problemas sociales que ha de conocer a fondo, y ha de enfrentarse con la legislación administrativa, contractual, comercial, laboral, fiscal, práctica financiera, etc. Y después de servirse de todos estos conocimientos —y no sé si se me habrá escapado alguno— antes de llevar a la realidad ninguno de sus frutos ha de consolidarlos mediante justificaciones de viabilidad en cuyo estudio entran de lleno las Ciencias Económicas, Sociológicas y, a veces, Históricas.

Y como el mundo en que vivimos se hace cada vez más pequeño a virtud de las mejores comunicaciones —debidas en parte a la Ingeniería Civil— también el Ingeniero, como cualquier científico de nuestros días, ha de ser un buen políglota si quiere estar debidamente informado de cuanto ocurre a su alrededor.

#### 15. — APORTACIONES A OTRAS CIENCIAS

Señores: hemos visto lo que recibe de otras ramas de la ciencia. Consigamos ahora sus aportaciones a otras, aparentemente muy distantes.

La Historia, en su rama dedicada a la cultura, se nutre no sólo de valiosos códigos escritos, sino también del estudio e interpretación de monumentos de la Ingeniería y Arquitectura de otros tiempos que llegan a nues-

tros días. Así, por ejemplo, no podremos tener una idea clara de la organización, ni de la vida de la España Romana si no tenemos en cuenta sus calzadas cuyo estudio permitió, en fechas no muy lejanas, el descubrimiento de Numancia hecho por Saavedra, a la sazón Ingeniero de Obras Públicas de Soria. Tampoco podemos olvidar los magníficos puentes y acueductos de los romanos existentes hoy en nuestra Patria, como son el de Alcántara (Cáceres) sobre el Tajo construido reinando Trajano, con longitud de 194 m. y altura de 56 m. sobre el cauce; el de Mérida, sobre el Guadiana, con 780 m. de longitud; el acueducto romano de Mérida con 6 km. de longitud total y 140 arcos que todavía presta servicio; el de Segovia, con 766 m. de longitud y 28 de altura máxima, constituido por 165 arcos de 5 m. y aproximadamente 2500 sillares sentados sin mortero; el acueducto de Tarragona, con 217 m. de longitud, etc.

Si pasamos a la Edad Media nos encontramos con puentes todavía en servicio como son los de Zamora y Ricobayo del siglo XIII; el de Alcántara en Toledo, que los árabes encontraron ya construido aunque tuvieron que repararlo y prácticamente reconstruirlo; el de San Martín también en Toledo con el arco de mayor luz en puentes de piedra en España pues alcanza a 39,75 m. reconstruido entre 1376 y 1399; y entre otros muchos, nuestro Puente de Piedra que data de 1437 con un arco central de 35 m. que es el mayor de los siete de que consta.

Lo mismo cabe decir de las presas romanas de Proserpina y Cornalvo, y de las de los siglos XV y XVI que fueron las primeras que se construyeron en Europa, alguna, la de Tibi, en el río Monegre cerca de Alicante con 45 m. de altura y la de Relleu, en el río Amadorio (Alicante) con el moderno concepto de presa bóveda aunque perteneciente al siglo XVII.

El constante contacto de la Ingeniería que nos ocupa con el Derecho le ha permitido aportaciones interesantes al administrativo y contractual y muy valiosas y trascendentales a la legislación de aguas cuya bondad es tal que la Ley de Aguas se hace invulnerable a la erosión de los tiempos.

Su intervención en el campo de la Economía es evidente y trascendental pues no es preciso insistir en el hecho de que su finalidad primordial es la creación y acrecentamiento de la riqueza del país; véase si no qué efectos producen los caminos, canales y puertos en la vida de la nación.

La necesidad de intervenir en la explotación de aquellos sistemas de riegos, de aprovechamiento de la energía hidráulica, de ferrocarriles, autopistas, puertos, en la gerencia de las industrias de construcción y de fabricación de los materiales que emplea en sus obras, etc., es decir, de todo aquello que ha sido fruto de su imaginación creadora, ha obligado al Ingeniero a tomar contacto con las Ciencias Empresariales y a ellas ha aportado su trabajo y su experiencia.

Y al hacer mención de aportaciones a otras disciplinas que no le son características no tengo más remedio que recordar nuestra Escuela, en la que pasamos los mejores años de nuestra juventud y aprendimos, en medio de un ambiente de máxima pulcritud, honestidad profesional y espíritu de sacrificio de su profesorado, lo que necesitábamos para nuestro porvenir y, también, lo que la Ingeniería Civil, a través de esta Escuela, aportaba a la Pedagogía. En aquel centro docente, había tantos profesores como asigna-

turas. Se comenzaban las clases el 1.º de octubre y terminaban cuando el profesor había dado personalmente todas sus lecciones, durante las cuales el alumno estaba en plena libertad de diálogo con su profesor quien acompañaba en los viajes de prácticas a sus alumnos, les conocía y venía a ser un verdadero y fraternal amigo. En aquella Escuela había muchos alumnos becarios cuyo nombre no era conocido por los demás y el importe de sus becas les permitía no sólo estudiar sino vivir en pensiones de categoría normal estudiantil. También había varios premios para estímulo de los buenos estudiantes y uno, muy estimado —el Escalona— al compañerismo.

## 16. — SUS REALIZACIONES

La obra del Ingeniero puede valorarse, entre otras, de dos maneras: la primera, por su impacto en la economía; la segunda, por su valor científico dentro de su técnica.

Dentro de la primera valoración se encuentran, y con gran peso, las aportaciones hechas al organigrama de la Nación, es decir, el montaje y explotación de grandes Empresas Ferroviarias, Hidroeléctricas, de la Construcción, etc. y aquellas realizaciones estatales que mediante la legislación adecuada han dado vida a nuestras carreteras y puertos, solución a graves y complicados problemas urbanísticos, y, lo que es más importante, a nuestros sistemas de riegos. Esta es la gran aportación de la Ingeniería Civil a nuestra Cultura: la creación y explotación de riqueza.

Sin embargo, la otra vertiente, la científica, dentro de su técnica, necesita de cierta propaganda —valga la palabra— para ser conocida.

Las obras que, en cada caso particular, han resuelto complicados problemas, minimizados muchas veces por la trascendencia de los planes generales son propias de autores que rayan a la mayor altura internacional.

Así, merecen recordarse, las presas españolas de las que podemos enorgullecernos no sólo por ser nuestro país uno de los primeros en construirlas, sino porque hoy poseemos dentro de nuestra pequeña superficie, cerca de 400 de las calificadas como "grandes", figura España en cualquier estadística de presas entre los primeros países.

Así en el Congreso Internacional de Grandes Presas celebrado en Edimburgo en abril de 1964 se comprobó que sólo aventajaban a nuestro país Estados Unidos y Japón y con muy pequeña ventaja que seguramente habrán perdido hoy la India e Italia. Las más altas son, la de Camasara, en el Noguera Pallaresa, terminada en 1922 con 95 m. de altura, la mayor del mundo en su tiempo; la de Ricobayo, en el Esla con 99 m. también la mayor de sus tiempos en 1934; la Cohilla, en el Nansa, bóveda valientísima con 115 m. terminada en 1950; Escales, en la Noguera Ribagorzana con 125 m. en 1955; San Esteban, en el Sil con 115 m. también en 1955; Salime, en el Navia con 134 m. en 1956; Eume, impresionante bóveda de doble curvatura con aliviadero de labio libre en coronación con 103 m. sobre el río del mismo nombre, inaugurada en 1959; Bao, en el Bibey con 108 m. y Barcena, en el Sil también de 18 m. puestas ambas en servicio en 1960; Canelles, de 150 m. en el Noguera Ribagorzana, terminada en

1960; Santa Ana, en el mismo río inaugurada en 1961 con 101 m.; Aldeadavila, en el Duero con 130 m. en servicio en 1964; Belesar, en el Miño bóveda con 126 m.; y en construcción las de Tous en el Júcar con 110 m.; Contreras, en el Cabriel con 122 m.; Iznajar, en el Genil con 119; Matalavilla, en el Valseco con 114 m.; Valdecañas, en el Tajo, con 135 m.; Quentar, en el Aguas Blancas con 107 m. y la mayor de España, hoy en sus comienzos; la de Villariño o, de la Almendra, en el Tormes, con más de 3 km. de longitud y altura en su parte central de 202 m.

Mayor altura que esta tienen solamente 10 en el mundo; de ellas la mayor, la Grande Dixence, en Suiza, con 287 m.

España ha ido siempre en vanguardia en las presas que no han de medirse sólo por su altura; aquí cerca, tenemos la presa de la Sotonera, de 38 m., construida con tierras y cerca de 4 km. de longitud y volumen de 4.000.000 m.<sup>3</sup> que fue en su día, la mayor del mundo en su clase. Las presas de contrafuertes fueron también patrimonio inicial de España con la de Burgomillodo; y en las de escollera, tenemos en proyecto o construcción las de Portodemuros, Guadalteba y Guadajoz con 90 m. de altura cada una.

La evolución y promoción de nuestras presas es paralela al consumo de electricidad. En su técnica es en la que ha brillado más el nombre de España.

Como obras sobresalientes en otras especialidades podemos citar en el hormigón armado: los sifones de Albelda y del Sosa, los de mayor diámetro y presión del mundo en su día; los del Guadalete por su original forma, antifunicular de sobrecargas e isorresistencia; la técnica de ciementos con cajones de hormigón armado flotables e hincados por aire comprimido, puente de San Telmo en Sevilla, de María Cristina en San Sebastián y otros; los cajones flotantes de hormigón armado que ensamblados a flote y debidamente fondeados constituyen hoy los cajeros y soleras del dique de carena de Nuestra Señora del Rosario en Cádiz y que fueron los mayores del mundo. También esta técnica de cajones flotantes de hormigón armado ha sido utilizada con gran éxito y enorme longitud de transporte en alta mar en los diques de abrigo y atraque del puerto de Tarifa.

En puentes y acueductos posee España una gran riqueza, continuada desde los romanos y los árabes. Para no citar más, mencionaremos sólo el puente Martín Gil sobre el Esla, para ferrocarril con el arco que en su día fue entre los de hormigón el mayor del mundo, con 209 m. de luz, sobrepasado hoy solamente por el Sandö, de 260 m. en Suecia, el de la Rábida en Oporto con 270 m. y el de Gladsville en Sydney (Australia) con 300 m.

Como acueductos hemos de citar especialmente el de Alloz en hormigón pretensado, verdadera maravilla de concepción intuitiva únicamente por un excepcional calculista de estructuras, y el de Tardienta por su longitud, ambos cerca de aquí.

En cubiertas laminares hemos de citar especialmente las del Mercado de Algeciras, la mayor del mundo en su clase —cúpula de 47,80 m. de diámetro y 9 cm. de espesor, con lucernario zenital y apoyo en 8 puntos, y la que cubrió inicialmente el frontón Recoletos de Madrid que con

8 cm. de espesor cubría en planta un rectángulo de  $55 \times 32,5$  m. mediante una lámina cilíndrica de generatrices horizontales y directriz formada por dos arcos de círculo de desigual radio.

Otras muchas realizaciones merecerían nuestro recuerdo con especial mención; pero su lista sería demasiado larga para tan reducido espacio.

## 17. — SUS HOMBRES

Permítaseme señores que, para finalizar, dedique un pequeño recuerdo a aquellas estrellas de primera magnitud que han dado brillo a nuestra profesión.

La primera de ellas es don AGUSTÍN DE BETANCOURT, fundador de nuestra Escuela y, por tanto, del Cuerpo. Nació en Puerto de la Cruz (Tenerife) en 1758 y falleció en San Petersburgo en 1824. Los estudios que hizo en su juventud fueron muy variados y todos brillantísimos, en España, en Francia y en Inglaterra. En 1802, a propuesta suya, Ceballos, Ministro de Estado, creó nuestra Escuela. La vida de Betancourt es digna de estudio pues si en nuestros tiempos parece interesante trabajar en nuestro país y fuera del mismo, mucho más lo era entonces que se carecía de las comunicaciones y medios de propaganda de hoy. Pues bien, Betancourt trabajó en Francia e Inglaterra y durante sus quince últimos años en Rusia al servicio del zar Alejandro I y fue su Director General de las vías de comunicación del Imperio, Teniente General de su ejército y fundó las Escuelas de Ingenieros Hidráulicos y de Ciencias Exactas de San Petersburgo y tomó parte en la reconstrucción de Moscú después de su incendio en 1812.

Si la figura de Betancourt es conocida por todos los que han tenido contacto con nuestra profesión, la de ILDEFONSO CERDÁ no lo es tanto. Y sin embargo a él debe Barcelona su espléndido plan urbanístico y fue el gran precursor del Urbanismo moderno en España. Su figura fue humilde en todo momento y en los finales de su vida, entregada toda ella al estudio, pasó apuros y estrecheces económicas. Nació en diciembre de 1816 en Santa Coloma de Centellas y falleció en agosto de 1876 en Caldas de Besaya. Cuando concibió su plan urbanístico, en 1860, Barcelona contaba con unos 300.000 habitantes y estaba encerrada en sus murallas por lo que la primera dificultad que hubo de vencer fue su derribo a pesar de la fuerte resistencia militar. Parece mentira cómo pudo concebir un ancho y disposición de calles que todavía hoy sigue siendo bueno a pesar de que en aquellos tiempos era imposible prever que cada ciudadano necesitase para pasear por la calle cinco metros cuadrados y circulase a 60 kilómetros hora; parece mentira cómo supo justificar un coeficiente de edificabilidad de  $6,4 \text{ m.}^3/\text{m.}^2$ ; unos chaflanes que permiten un conjunto arquitectónico muy armonioso y al mismo tiempo una visibilidad que evita riesgos en el día de hoy; cómo dispuso las líneas de fachada a  $45^\circ$  con el meridiano para permitir la máxima insolación; cómo logró las proporciones vigentes hoy entre zonas verdes, edificables, superficies de manzana, etc. Podemos afirmar que Cerdá es el gran precursor del Urbanismo moderno y así lo acreditan no sólo la espléndida ciudad de Barcelona que

no ha llegado a construirse exactamente con arreglo a aquel gran plan sino su propia obra "Teoría General de la Urbanización". En 1959 al cumplirse el centenario de este plan, Barcelona celebró un Congreso de Jornadas Urbanísticas y rindió homenaje a tan destacado Ingeniero.

A nadie puede escapar ni es preciso ponderar la gran personalidad de don JOSÉ DE ECHEGARAY. Nació en Madrid en 1832 hijo de padre aragonés, de Zaragoza. Fue excelente Ingeniero y profesor de Geometría Descriptiva, Estereotomía, Cálculo Diferencial e Integral, Mecánica Racional, Mecánica aplicada a las construcciones y, también, de Hidráulica. Como literato, nada hemos de decir aquí ni tampoco de su labor política: baste recordar que fue el creador del Banco de España cuando era Ministro de Hacienda. También lo fue, de Fomento. La personalidad de Echegaray más conocida por los españoles por su premio Nobel de literatura, corresponde en realidad a la de un gran matemático; y a la gran pasión que despiertan estas ciencias en quien las practica dedicó lo mejor de su vida. Fue miembro de la Academia de Madrid y llegó a ser su Presidente. También perteneció a la Academia de la Lengua. Según Rey Pastor, se debe a nuestra Escuela el resurgir de las Matemáticas en España, en 1802, y principalmente a Echegaray a partir de 1853. En 1911 Echegaray con Rey Pastor fundaron la "Sociedad Matemática Española" cuya primera presidencia ostentó Echegaray el cual estimuló a la juventud de entonces al cultivo de la Matemática pura "amor de mis amores —dijo— que las necesidades de la vida y la fuerza mayor de los acontecimientos me hicieron abandonar".

Uno de los últimos acontecimientos en que tomó parte Echegaray como Presidente de la Academia de Ciencias fue la imposición de la medalla a don LEONARDO TORRES QUEVEDO, otra de las glorias de nuestro Cuerpo.

Nació don Leonardo en 1852 y falleció en Madrid en 1936. Fue hijo, padre y abuelo de Ingenieros de Caminos. Es el gran precursor de la Automática. Todas sus grandes concepciones y realizaciones llevan el sello inconfundible de su personalidad. Así sus primeras máquinas algébricas para resolución de ecuaciones fueron las que por primera vez llegaron a resultados prácticos mereciendo informes altamente laudatorios de la Academia de Ciencias de Madrid y de la de París que ordenó la inserción de la Memoria de Torres Quevedo en el Recueil des Savants Etrangers. El dirigible ideado por él, con quilla y armadura interior, en el que la estabilidad de forma se lograba, con elementos flexibles, por la presión interior fue patentado y se explotó por la casa Astra con el nombre del dirigible Astra-Torres. El Gobierno español puso a su disposición un laboratorio que se llamó inicialmente de Mecánica Aplicada y, después, por indicación suya, cambió su nombre por el de Laboratorio de Automática. Fue uno de sus inventos más interesantes el Telekino cuyas pruebas realizó en el estanque del Retiro consistentes en dirigir a distancia el timón de una nave y acelerar sus motores hasta la velocidad deseada. Merece especial mención su Jugador automático de ajedrez que da mate con Rey y Torre blanca al Rey negro en un mínimo de jugadas avisando los jaques y denunciando los errores de su contrincante.

D. JOSÉ EUGENIO RIBERA, nacido en 1864 comenzó su vida profesional

en la Jefatura de Obras Públicas de Oviedo en la que permaneció durante doce años. En aquella época tuvo ocasión de proyectar y dirigir la construcción de importantes puentes que fueron el preludio de los más de 500 que hubo de construir después y le llevaron a la cátedra de Puentes y Cimentaciones de nuestra Escuela. Su gran obra fue la introducción en España del hormigón armado como material de construcción y, sobre todo, la creación de grandes empresas de contratas. Entre sus obras más resonantes se cuentan los sifones del Sosa y Albelda en el canal de Aragón y Cataluña que en su tiempo fueron los de mayor diámetro del mundo pues tenían 3,80 m. con presión de 28 m. de agua y 1,018 m. de longitud. el primero y 4,00 m. de diámetro el segundo con 720 m. de longitud y 40 m. de presión.

Su gran genio le permitió incorporar a sus proyectos las ideas propias del constructor y entre otros dispositivos ingeniosos ideó las cimbras rígidas, que deberían llamarse cimbras Ribera pues su hallazgo constituyó en su tiempo un gran adelanto. Así pudo construir el acueducto del Chorro en 1907 cerca de Málaga a 100 m. de altura sobre el cauce que de otra manera habrían necesitado difíciles y costosísimas cimbras de madera. Esta misma asociación de ideas del constructor y del proyectista le permitió dar un gran avance a la técnica de cimientos por aire comprimido pues fue él el primero en utilizar cajones flotantes de hormigón armado en el puente de María Cristina en San Sebastián, en el de San Telmo en Sevilla y en otros muchos hasta generalizar este procedimiento en España en mucha mayor proporción que en el extranjero. También mediante cajones flotantes de hormigón armado soldados a flote y hechos naufragar in situ proyectó el dique seco de carena de Nuestra Señora del Rosario en Cádiz para barcos de 250 m. de eslora. También introdujo la técnica de cajones flotantes en la construcción de diques verticales de abrigo en los puertos.

Ribera fue ante todo un gran profesor y su nombre y su época van ligados al nombre de ZAFRA que fue el gran teórico del hormigón armado mientras Ribera fue el práctico, el intuitivo genial.

Ribera, al jubilarse estableció en su última clase su propio balance profesional. Expresó con sinceridad sus errores y también sus aciertos y dijo a sus alumnos "aunque sepáis mucha Matemática no incurrais en pedantería, pues más que problemas científicos tendréis que poner a contribución el buen sentido; más que sabios deberéis ser gerentes; antes que Ingenieros deberéis ser hombre y ciudadanos". También dijo en aquella memorable conferencia, publicada en la Revista de Obras Públicas de 1931, que lo más importante en la vida es "la íntima satisfacción del deber cumplido".

Otro de los grandes profesores de nuestra Escuela —y ha habido muchos— fue don JOSÉ LUIS GÓMEZ NAVARRO el cual, aparte sus trabajos como proyectista y constructor de saltos hidroeléctricos y fundador de una empresa tan importante como Boeticher y Navarro fue ante todo, como he dicho antes, un gran profesor. Su obra "Saltos de Agua y Presas de Embalse" alcanzó tiradas inmensas y sirvió y sigue sirviendo de norma a todos los proyectistas hispanoparlantes, y a los que hablan y piensan en otros idiomas.

En una Academia de Ciencias Exactas parece imposible acabar esta disertación sin mencionar a otro Ingeniero de Caminos, notabilísimo matemático y excelente profesor de Hidráulica Teórica como fue don PEDRO MARÍA GONZÁLEZ QUIJANO, académico muy ilustre de la de Madrid. Nació en Jerez de la Frontera en 1870 y allí una vez terminada su carrera y tras un breve plazo de ejercicio en Murcia estudió y construyó el Pantano de Guadalcaçín con sus sistemas de canales en los que intercaló sus famosos sifones invertidos, vulgarmente conocidos por "las asas". Obra audaz, original e impresionante. Tan impresionante como la contemplación de los más famosos monumentos arquitectónicos de la antigüedad. En 1924 fue nombrado profesor de Hidráulica Teórica e Hidrología que explicó desde el primer momento con tal rigor matemático que sus alumnos no podían menos de admirarse al contemplar una gotita de agua y pensar que en ella se contenían infinidad de integrales triples. El cálculo de probabilidades, aplicado a los fenómenos pluviométricos y a las corrientes fluviales fue una de sus mayores actividades. En "Madrid Científico" publicó en 1894 su "Representación gráfica de los lugares hipergeométricos" y en 1922 hubo de publicar en la Revista de la Academia una respuesta Maurice d'Ocagne que había creído descubrir un sistema muy parecido al anterior que reconoció desconocer. Este trabajo lo tituló "Sobre un sistema de geometría descriptiva del hiperespacio". En 1915 presentó al Congreso de Valladolid el trabajo titulado "Sobre algunas funciones continuas con infinitas singularidades en el menor intervalo". Funciones continuas sin derivada sólo eran conocidas entonces las de Riemann y la de Weierstrasse y Rey Pastor la popularizó con el nombre de "función Quijano". Publicó muchos otros trabajos de Matemática Pura y entre ellos destaca el dedicado al "espacio de un número fraccionario de dimensiones". Ingresó en la Academia de Ciencias en 1925 y llegó a ocupar la Presidencia de la Sección de Exactas.

GUADALHORCE, don Rafael Benjumea nació en 1876 y una vez terminada su carrera en 1901 casó con una distinguida dama malagueña y allí fijó su residencia y comenzó su vida profesional con algo que hoy es un axioma, cual es el conjugar los riegos con la producción de energía eléctrica. Gracias a su gestión se crearon el Sindicato Agrícola del Guadalhorce y la Hidroeléctrica del Chorro, y se construyeron la presa del embalse del Chorro, la del Gaitanejo, los dos saltos del mismo nombre y la presa de derivación y canal para riegos de la margen derecha del Guadalhorce.

Estas obras guardan y guardarán siempre la personalidad de don Rafael que fue no sólo el gran hombre de acción y gran político que todos conocemos sino, también, un gran Ingeniero y un gran artista. Baste recordar el paramento de aguas abajo de la presa del Chorro en calizas rosa coronadas con bellísimos arcos de sillarejo blanco y trazado personal o los efectos del paso de avenidas en el Gaitanejo sobre el techo abovedado de la central del mismo nombre contemplados desde el interior de la casa de máquinas formada por la bóveda mencionada y otros dos que son su piso y la propia presa.

Estas singulares realizaciones obligaron a don Alfonso XIII, que las

inauguró, a dar el título de Conde de Guadalhorce a aquel distinguidísimo Ingeniero que fue el primero que recibió un título nobiliario como recompensa a su labor profesional.

Pero la gigantesca obra de Guadalhorce es su gestión al frente del Ministerio de Fomento. Allí creó el "Circuito de firmes especiales" que elaboró y realizó con gran rapidez un plan para las carreteras principales españolas que todavía hoy sigue prestando sus servicios; allí promovió el plan de ferrocarriles, algunos de los cuales todavía están en período de realización, y para mejora de los entonces existentes logró la ayuda estatal; desde allí fundó las Confederaciones Sindicales Hidrográficas que no sólo por su concepción teórica sino por su realización práctica fueron un modelo inolvidable. Aquí tenemos la del Ebro, que fue la primera y la mejor dirigida y sobre cuya organización y estructura se basaron las demás. Tuvo Guadalhorce el acierto de poner al frente de la misma a un Ingeniero tan distinguido como Lorenzo Pardo cuyo nombre quedó vinculado para siempre al del Conde de Guadalhorce.

Las Confederaciones tal como fueron organizadas y concebidas permitieron conjugar las iniciativas de las Corporaciones, Comunidades de Regantes, Empresas y Entidades para aprovechar los recursos hidráulicos al máximo mediante un proceso metódico, científico y ordenado.

En el orden internacional se establecieron durante su mandato los acuerdos con Portugal para aprovechamiento del Duero internacional que ha permitido beneficiar a ambos países con los saltos hidroeléctricos mayores de Europa.

A la caída de la Dictadura, en el exilio, no dejó de trabajar con su ímpetu característico y construyó en Buenos Aires cuatro líneas del ferrocarril Metropolitano. Comenzó las obras en 1933 y en 1938 había puesto en explotación 16,5 km. de líneas. Fuerte fue su lucha para lograrlo; pero venció.

A su regreso a España ocupó la Presidencia de la RENFE en la que dejó sentir inmediatamente su personalidad y fue nombrado también Presidente Honorario del Consejo de Obras Públicas.

En esta relación de Ingenieros ilustres no podemos dejar de hacer especial mención de don MANUEL LORENZO PARDO al que ya hemos aludido como primer y excelente director de nuestra Confederación del Ebro y miembro de esta Academia. No mencionaré, por ser de todos conocida, su obra en el Ebro. Sí voy a recordar que en su Plan Nacional de Obras Hidráulicas sugirió por vez primera el aprovechamiento para riegos de Castellón, Alicante, Murcia y Almería de aguas de otras cuencas mediante los debidos trasvases. Fue un gran trabajador y luchador infatigable. Publicó gran número de obras demostrativas del acierto de sus ideas y pronunció conferencias en todas las tribunas desde donde podía ilustrar a sus auditorios y difundir sus ideas.

Claro está que no disponemos del tiempo suficiente para hacer mayor mención de los méritos de los ya aludidos Ingenieros y por fuerza hemos de prescindir de otros muchos, algunos de los cuales hicieron aportaciones importantes al acervo de nuestra cultura: por ejemplo, Otamendi y Mendoza con el Metro de Madrid, Félix de los Ríos con sus Riegos del

Alto Aragón y su creación y explotación de la Empresa Vías y Riegos, S. A., junto con Mantecón logrando los mayores éxitos en toda España: Orbegozo, creador de Iberduero; Maristany, Rahola, Boix, etc. No digamos nada de Rafo y Rivera, autores del proyecto del Canal de Isabel II ni de don Lucio del Valle su primer director.

Mencionaremos, eso sí, a una de las figuras cumbre de nuestra Ingeniería de todos los tiempos hace poco desaparecida: Don EDUARDO TORROJA MIRET. Esta no es una gloria exclusiva del Cuerpo de Caminos, ni de la Ingeniería, ni la Arquitectura española. Es una gloria de España entera que puede parangonarse con las más excelsas de nuestra Patria en cualquier campo de actividad. Quizá porque la vida científica del Ingeniero sea menos conocida que las de las otras ramas de la ciencia, sea el nombre de Torroja menos conocido por el vulgo que el de Cajal, por ejemplo; pero su obra, en su especialidad, ha sido tan grande como la que más.

Nació en Madrid en 1899 y fue profesor de nuestra Escuela desde 1933 hasta su muerte en 1961 acaecida en su propio despacho del Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento. Fue Director del Laboratorio Central de Ensayo de Materiales, Consejero de Obras Públicas, y fundador y Director del Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento, miembro del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, y Académico Numerario de la de Ciencias Exactas Físicas y Naturales de Madrid, y correspondiente de las de Barcelona y Córdoba, y también de la de Buenos Aires; Doctor "honoris causa" del Politécnico de Zurich, de la Universidad de Toulouse, de la Universidad de Buenos Aires, de la Universidad católica de Chile, Miembro de honor de varias asociaciones internacionales relacionadas con la técnica del hormigón, y miembro de honor y Presidente de la Federación Internacional de la Precompresión, Presidente del Instituto del Comité Internacional de Estructuras Pretensadas, miembro del Directorio de la Asociación Internacional de Puentes y Calzadas. francés, del de la Reunión Internacional de Laboratorios de Ensayo de Materiales de Construcción, también del Comité Ejecutivo Internacional para edificios de los Estados Unidos, miembro del Comité Europeo del hormigón, etc., e Ingeniero "honoris causa" de la Universidad de Lieja.

Entre sus numerosas publicaciones figuran: Teoría de la Elasticidad; Resistencia de materiales; Cálculo de estructuras; Hormigón armado y pretensado; Estructuras laminares y tipología estructural. Sus publicaciones en español, siempre sobre temas altamente técnicos son en número de 41; y en otros idiomas 34. Pronunció conferencias en distintos países, en Alemania una, en Argentina seis, en Austria una, en Bélgica siete, en Colombia seis, en Chile ocho, en España trece, en Estados Unidos de Norteamérica diez, en Francia tres, en Holanda una, en Inglaterra tres, en Italia seis, en Noruega dos, en Perú tres, en Portugal una, en Rusia una, en Suecia una, en Suiza cinco, en Venezuela una, en Polonia una.

Las técnicas sobre el hormigón del cual creó su teoría de anelasticidad le permitieron hacer estructuras laminares que fueron en su día las de mayores dimensiones del mundo en cada uno de sus tipos, tales son las cubiertas del Hipódromo de la Zarzuela, la primera cubierta del Fron-

tón Recoletos, verdadera maravilla de la técnica, el Mercado de Algeciras, la cuba hiperbólica de Fedala, y la presa de Canelles. Estas estructuras pueden ser admiradas, no sólo por los técnicos que pueden llegar a valorar el inmenso esfuerzo, el profundo conocimiento de la ciencia del cálculo de estructuras laminares, extremadamente difícil incluso en nuestros días, sino por sus efectos estéticos por cualquiera que las admire y tenga un mediano sentido del arte. El espesor de la lámina en voladizo que es la cubierta del Hipódromo de Madrid varía desde 6 cm. hasta 14 en el punto más grueso, y tiene una luz en voladizo de más de 12 m. La maravillosa lámina que constituyó la techumbre del Frontón Recoletos, y que fue destruida durante la guerra por efectos del bombardeo, no puede calificarse más que de maravillosa tanto por su concepción artística y funcional, como por el atrevimiento del proyectista y del constructor, ya que no contentos con unos espesores de hormigón difícilísimos de ejecutar y más difíciles de calcular, dispusieron lucernarios longitudinales con celosías que si en arquitectura puede haber poesía en ningún sitio la encontraremos mejor. El espesor de la lámina era sólo de 8 cm.; esta cubierta puede definirse estructuralmente como una lámina cilíndrica de generatrices horizontales de hormigón armado con la directriz formada por dos arcos de círculo desiguales que arrancando con tangentes verticales en los bordes se encuentran ortogonalmente, y en parte de los cuales se sustituye la lámina delgada por celosías triangulares del mismo material. La longitud a lo largo de las generatrices es de 55 m., la anchura entre bordes o generatrices extremas 32,5; el espesor 8 cm. Llama a primera vista la atención la total disimetría de la sección, nueva en ese género de estructuras, pero que en ese caso viene claramente impuesta por la necesidad funcional de abrir dos grandes ventanales situados precisamente en esa posición, y con esa inclinación para dar paso a la luz norte e iluminar directamente la cancha con el más alto, mientras que el otro envía luz complementaria a las tribunas altas sin perjudicar la visibilidad sobre la zona de juego.

La cubierta del Mercado de Algeciras es una cúpula esférica que se apoya sobre 8 soportes. El diámetro es de 47,80 m., y el radio de curvatura 44,10. En el centro hay un anillo de refuerzo que delimita la claraboya cenital, formada por triángulos prefabricados de hormigón armado sobre los que apoyan los vidrios del lucernario. El borde exterior del casquete esférico está cortado por bóvedas cilíndricas que van periféricamente de soporte a soporte. El enlace de estas bóvedas con el casquete sirve para rigidizar los bordes de éste y para encauzar hacia los soportes las tensiones principales. Estas bóvedas periféricas avanzan en voladizo cubriendo las partes de acceso al mercado, centradas en los lados del octógono. El espesor de cálculo de la lámina es de 9 cm., pero se aumenta a 50 al llegar sobre los soportes para resistir a la concentración de esfuerzos que necesariamente se producen en estos puntos de apoyo.

Merecen también especial mención sus iglesias de Pont de Suert y Sant Espirit, ambas para el ENHER.

La cuba de Fedala, que antes hemos mencionado, es un depósito elevado de aguas para 3.500 m.<sup>3</sup>. Es un hiperboloide de revolución que per-

mite un doble pretensado según sus dos familias de generatrices rectas, de este modo la pared queda en bicompresión y se evita el peligro de fisuración bajo la presión hidrostática. El espesor de la cuba es de 28 cm. en su base, y se reduce gradualmente hasta llegar a 17 a la altura superior de la lámina de agua, y el resto hasta la coronación mantiene un espesor constante de 10 cm. El fondo está formado por una bóveda tórica, apoyada exteriormente en el anillo de soportes e interiormente en la chimenea central de acceso.

Fue costumbre permanente de Torroja no sólo pensar sobre sus estructuras, calcularlas después, sino además comprobar sus cálculos con modelos a escala reducida. Así pudo llegar a proyectar la presa bóveda de Canelles, con 150 m. de altura, y que se estudió experimentalmente sobre veinte modelos reducidos sucesivos.

Obras de Torroja en estructuras metálicas también pueden considerarse como extraordinarias el hangar de Cuatro Vientos, que tiene 115 m. de luz. Puede citarse entre las de mayores dimensiones en sus tiempos. Lo mismo ocurre con los hangares de Torrejón, Barajas, el puente de Torredera, el puente de la Muga. No olvidemos la intervención de Torroja en la técnica de la soldadura.

Todas las obras de Torroja fueron geniales y todas representan un avance de la técnica sobre sus anteriores. Así lo fueron el acueducto de Tempul, el de Alloz, muy próximo a nosotros y fácil de contemplar desde la carretera de Pamplona a Logroño; pero el que realmente merece el calificativo de absolutamente excepcional, es el arco central del viaducto Martín Gil sobre el Esla, para el ferrocarril de Medina del Campo-Zamora y de Orense a Vigo. Este arco fue el mayor del mundo cuando se construyó y tiene 209 m. de luz. La sección transversal del mismo es trilobular, pero no sólo el cálculo aquilatado de la misma es extremadamente meritorio, sino como sucede también en todos los grandes arcos, la construcción es la que ofrece mayores dificultades. Estas las salvó Torroja construyendo una cimbra de acero soldado, que no era suficiente por sí misma para soportar el peso del hormigón del arco, sino que este hormigonado había de hacerse científica y paulatinamente, de modo que a medida que iba progresando se incorporase a la estructura mixta formada por el acero y el hormigón, de modo que contribuyese este último a la resistencia del conjunto. Esto se completaba con tensiones que se introducían mediante gatos, y una vez terminado ya el hormigonado se hizo la apertura en clave con 36 gatos hidráulicos capaces de equilibrar con holgura sobre cada mitad del arco el empuje de 7.500 toneladas producidas por el peso propio del mismo. De este modo se abrió la clave 9 cm., lo que venía a compensar el acortamiento por retractación y por deformación elástica o lenta bajo la acción permanente de la compresión.

Para mí, aunque la obra de Torroja sea toda ella excepcional, precisamente la construcción de este arco llevada de un modo extracientífico, digamos, es la obra cumbre suya.

A Torroja se deben estudios especiales sobre el hormigón, y fue el autor de la teoría de cálculo anelástico de secciones de hormigón armado, y estudió profundamente los coeficientes de seguridad en la compro-

bación de secciones de hormigón armado, llegando también a fundar la teoría del cálculo a rotura.

Torroja ha sido uno de los españoles de nuestro tiempo que han desmentido rotundamente aquella creencia de que la ciencia pura no es para nosotros. A Torroja deben los españoles haber difundido por todo el mundo nuestras realizaciones.

Aunque deliberadamente omitimos nombres de muy ilustres compañeros que para nuestro beneficio no han rendido tributo todavía a la muerte, habremos de consignar que la obra de Torroja continúa adelante y que para prestigio de nuestra ciencia existe para nuestros puertos y los de todo el mundo la teoría de los "Planos de Oleaje" que permite determinar las máximas características posibles del oleaje tanto en mar abierta como dentro de puerto, supuesto abrigado por los correspondientes diques cuyas secciones se pueden estudiar hoy con la misma seguridad que cualquier obra terrestre y cuyo trazado hace compatible la maniobra de entrada en condiciones cualesquiera con la evitación de aterramientos por el conocimiento del movimiento de las arenas en las costas.

Y con esto, Excmos. e Ilmos. Sres., termino, volviendo a manifestar mi gratitud por el inmerecido honor que me hacen aumentado en estos momentos por el derroche de paciencia que han hecho escuchándome. Muchas gracias.