

# La ingeniería de caminos durante la Guerra Civil española. Destrucción y reconstrucción de puentes.

Autor/a: Vanesa M García-Lozano

---

Tesis doctoral / 2015

Director/a: Leonardo Fernández Troyano

Tutor/a: Belén González Fonteboa

Departamento de Métodos Matemáticos y de Representación.

**VOLUMEN 1 DE 4**



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

# La ingeniería de caminos durante la Guerra Civil española. Destrucción y reconstrucción de puentes.

Tesis doctoral

Año 2015

El Director de la Tesis:



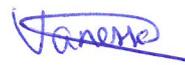
Leonardo Fernández Troyano

La Tutora de la Tesis:



Belén González Fonteboa

El Doctorando:



Vanesa Mª García Lozano

Depositada en A Coruña, 14 de Septiembre de 2015.

Departamento de Métodos Matemáticos y de Representación.



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

El abajo firmante, D. Leonardo Fernández Troyano, Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos por la Universidad Politécnica de Madrid, hace constar que el trabajo titulado “La ingeniería de caminos durante la guerra civil española. Destrucción y reconstrucción de puentes” que ha sido realizado bajo su dirección para la obtención del grado de Doctor de Dña. Vanesa M<sup>a</sup> García Lozano, lo considera concluido y autoriza su presentación ante el Tribunal Calificador.

En Madrid, a 11 de Septiembre de 2015.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'LFT', with a stylized flourish at the end.

D. Leonardo Fernández Troyano.

A mis padres.

A mi hermana.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar quisiera agradecerle a D. Leonardo Fernández Troyano, director de esta tesis, su tiempo y dedicación en este trabajo. Con infinita paciencia me fue guiando en este largo camino que exige la elaboración de una tesis. Sin duda es un privilegio poder aprender de la mano de uno de los mejores Ingenieros de Caminos de nuestro país. Siempre te estaré eternamente agradecida.

A mis amigos. En la Escuela de Caminos de Coruña nos conocimos y surgió una amistad que va más allá de lo que pueden expresar las palabras. Sin vosotros esta tesis no sería posible.

A Eduardo y a Ester, compañeros de trabajo, les debo agradecer su comprensión principalmente durante la dura etapa final.

A mis padres y a mi hermana por su inagotable apoyo y ayuda en los momentos difíciles. Sois los pilares de mi existencia.

## **RESUMO**

A enxeñería de camiños é una rama da técnica cuxa aplicación práctica é básica para o benestar dun país. As infraestructuras contribúen ao desenvolvemento e ó fomento dun territorio, a través do establecemento das vías de comunicación. En tempos de guerra, o seu valor mantense ademáis, pola importancia estratéxica que adquire, ó resultar fundamentais para garantir os transportes tanto civís como militares.

No periodo da guerra civil española, as infraestructuras terrestres, polo seu papel clave, foron obxecto de destrución como resultado de operacións tácticas. Por outro lado, a enxeñería tivo de porse ó servicio da guerra para realizar a reparación e reconstrución necesarias dentro das accións militares e tamén civís.

Na tese trátase de presentar a influencia que a área da enxeñería civil tivo neste contexto. A partires da análise previa da organización que desenrolaron cada un dos contendentes neste campo, preséntase a evolución das infraestructuras terrestres, as estradas e os ferrocarrís en dito periodo. Os elementos destas infraestructuras que resultaron máis afectados por ser os máis vulnerables, foron as pontes. Para iso descríbense as destrucións que sufriron xunto coas reconstrucións máis características.

## **RESUMEN**

La ingeniería de caminos es una rama de la técnica cuya aplicación práctica resulta básica para el bienestar de un país. Las infraestructuras contribuyen al desarrollo y al fomento de un territorio, a través del establecimiento de vías de comunicación. En tiempos de guerra su valor se mantiene además, por la importancia estratégica que adquieren, al resultar fundamentales para garantizar los transportes tanto civiles como militares.

En el periodo de la guerra civil española, las infraestructuras terrestres, por su papel clave, fueron objeto de destrucción como resultado de operaciones tácticas. Por otro lado, la ingeniería hubo de ponerse al servicio de la guerra para realizar las reparaciones y reconstrucciones necesarias dentro de las acciones militares y también civiles.

En esta tesis se trata de presentar la influencia que el área de la ingeniería civil tuvo en este contexto. A partir del análisis previo de la organización que desarrollaron cada uno de los contendientes en este campo, se presenta la evolución de las infraestructuras terrestres, las carreteras y los ferrocarriles, en dicho periodo. Los elementos de estas infraestructuras que resultaron más afectados, por ser los más vulnerables, fueron los puentes. Para ello se detallan las destrucciones que sufrieron junto con las reconstrucciones más características.

## **ABSTRACT**

Civil engineering is a technical area which practical application is essential for the progress of a country. Infrastructures contribute to the regional development and promotion, through the implementation of communication networks. During a war, this value is maintained in addition for the strategic importance, due to the fact that they are essential to guarantee civil and military transport.

During the Spanish Civil War, infrastructures were destroyed as result of tactical operations. On the other hand, engineering had to serve war interests to repair and rebuild within military operations.

This thesis deal with the influence of the civil engineering in this context. From the previous analysis of the organization developed for each side, the evolution of the roads and railways is shown for this period. The bridges were the elements of these infrastructures more affected. So the destructions and reconstructions they suffered are described.

# ÍNDICE

Agradecimientos

Resumen

1. PLANTEAMIENTO DE LA TESIS.....	10
1.1 Motivo inicial.....	10
1.2 Ámbito de estudio.....	12
1.3 Objetivos.....	14
1.4 Metodología.....	15
2. ANTECEDENTES.....	16
2.1 Las obras públicas en el siglo XIX.....	19
2.1.1 La ingeniería de caminos en el siglo XIX.....	22
2.1.2 Los ferrocarriles en el siglo XIX.....	32
2.1.3 Las carreteras en el siglo XIX.....	53
2.2 Las obras públicas en el primer tercio del siglo XX (1900-1936).....	66
2.2.1 El reinado de Alfonso XIII.....	66
2.2.1.1 La ingeniería de caminos durante el reinado de Alfonso XIII.....	72
2.2.1.2 Los ferrocarriles durante el reinado de Alfonso XIII.....	76
2.2.1.3 Las carreteras durante el reinado de Alfonso XIII.....	78
2.2.2 La dictadura de Primo de Rivera.....	82
2.2.2.1 La ingeniería de caminos en la dictadura de Primo de Rivera.....	83
2.2.2.2 Los ferrocarriles en la dictadura de Primo de Rivera.....	86
2.2.2.3 Las carreteras en la dictadura de Primo de Rivera.....	89
2.2.3 La Segunda República.....	94
2.2.3.1 La ingeniería de caminos en la Segunda República.....	97
2.2.3.2 Los ferrocarriles en la en la Segunda República.....	111
2.2.3.3 Las carreteras en la en la Segunda República.....	120
2.3 Historia reciente de los puentes.....	126

2.3.1 Puentes hasta el siglo XVIII.....	127
2.3.2 Puentes característicos del siglo XIX. Puentes en España.....	146
2.3.3 Puentes característicos del primer tercio del siglo XX. Puentes en España.....	182
2.3.3.1 Implantación del hormigón armado en España.....	188
2.3.3.2 Primeras experiencias con el hormigón armado en España. El hormigón en el siglo XIX.....	190
2.3.3.3 Implantación del hormigón armado como material de construcción en el siglo XX.....	198
2.3.3.4 Puentes de hormigón armado en España.....	207
3. LA ORGANIZACIÓN DE LAS OBRAS PÚBLICAS DURANTE LA GUERRA CIVIL ESPAÑOLA.....	225
3.1 Bando republicano.....	227
3.1.1 Organización del Ministerio de Obras Públicas.....	227
3.1.2 Organización del sistema ferroviario.....	245
3.1.3 Planes de Obras Públicas.....	256
3.2 Bando sublevado.....	267
3.2.1 Organización del Ministerio de Obras Públicas.....	267
3.2.1.1 Primera etapa: 18/07/1936 al 30/01/1938.....	268
3.2.1.2 Segunda etapa: 30/01/1938 al 01/04/1939.....	276
3.2.2 Organización del sistema ferroviario.....	290
3.2.3 Planes de Obras Públicas.....	305
3.2.3.1 Actos legislativos relativos a las obras públicas.....	305
3.2.3.2 Plan de obras públicas.....	314
4. LAS INFRAESTRUCTURAS LINEALES DURANTE LA GUERRA CIVIL ESPAÑOLA.....	321
4.1 Las carreteras durante la guerra civil española.....	325
4.1.1 Evolución de la situación de las carreteras.....	331
4.1.2 Construcción de nuevas carreteras.....	337
4.1.3 Destrucciones y daños más frecuentes en las carreteras.....	348
4.1.4 Reparaciones de carreteras.....	357
4.2 Los ferrocarriles durante la guerra civil española.....	370

4.2.1 Evolución de la situación de los ferrocarriles.....	375
4.2.2 Construcción de nuevas líneas de ferrocarril.....	392
4.2.3 Destrucciones y daños más frecuentes en los ferrocarriles.....	411
4.2.4 Reparaciones en los ferrocarriles.....	422
5. PUENTES: OBRAS ESTRATÉGICAS DURANTE LA GUERRA CIVIL .....	434
5.1 Importancia estratégica del puente en una guerra.....	435
5.2 Destrucción de puentes. Técnicas empleadas y daños producidos.....	448
5.3 Reconstrucción de puentes.....	476
5.3.1 Reconstrucción provisional de puentes: los puentes militares.....	495
5.3.2 Reconstrucción civil de puentes: provisional y definitiva.....	520
5.4 Reconstrucción de puentes: casos particulares.....	574
5.4.1 Reconstrucción en función del tipo de puente: ejemplos.....	575
5.4.1.1 Puente sobre el río Llobregat.....	576
5.4.1.2 Puente sobre la riera de la Bisbal.....	581
5.4.1.3 Puente de García.....	589
5.4.1.4 Viaducto de los Masos.....	599
5.4.1.5 Puente sobre el río Manol.....	605
5.4.2 Reconstrucción de puentes singulares.....	611
5.4.2.1 Puente de Ormaíztegui.....	612
5.4.2.2 Puente de Lascellas.....	630
5.4.2.3 Puente de Amposta.....	638
5.4.2.4 Puente de Portugaleta.....	647
6. LA POSGUERRA.....	657
6.1 Relación de daños producidos en las infraestructuras y en los puentes.....	657
6.2 Planes de Obras Públicas en la posguerra.....	663
6.3 Organización de la reconstrucción de un país a través de la obra pública....	672
6.3.1 Organización del Ministerio de Obras Públicas.....	673
6.3.2 Organización de los servicios del Ejército.....	677
6.3.3 Organización de los ferrocarriles.....	680
6.3.4 Medios disponibles para la reconstrucción.....	689
6.4 Datos de las reconstrucciones ejecutadas en los primeros años de la posguerra .....	694.

CONCLUSIONES.....	699
ANEXO I_Cronología de la Guerra Civil.....	709
ANEXO II_Listado de puentes de carretera reconstruidos (no exhaustivo).....	719
ANEXO III_Listado de puentes de ferrocarril reconstruidos (no exhaustivo).....	720
BIBLIOGRAFÍA.....	721

# 1. PLANTEAMIENTO DE LA TESIS

## 1.1 MOTIVO INICIAL

Al emprender la labor de realizar una tesis doctoral se debe hacer frente a diversas cuestiones, de entre las cuales la más importante es “qué es lo que deseo contar”. A priori parece algo sencillo porque obedece a una motivación personal, pero cuando los intereses y los campos de actuación son muy amplios, la concreción en la respuesta se complica.

Mi formación técnica ha despertado en mí inquietudes que han influido en mi forma de entender e interpretar la realidad. No soy capaz de concebir algo si no resuelvo las preguntas: cómo?; por qué? o cuándo?, lo que genera un estado de búsqueda de respuestas.

La experiencia profesional me ha demostrado que, en el campo de la ingeniería, no se debe tener miedo al progreso o a la innovación. Pero en demasiadas ocasiones el ingeniero se olvida de echar un vistazo al pasado, del que puede obtener un aprendizaje amplio y práctico. Citando a D. Leonardo Fernández Troyano “...una de las deficiencias que, en mi opinión, hay con frecuencia en los ingenieros, que es la falta de inquietud sobre lo que podemos llamar la dimensión cultural de su profesión, o lo que es lo mismo, su propia historia, incluyendo en la historia el quehacer actual de la ingeniería. Su inquietud y búsqueda se dirige generalmente hacia el conocimiento concreto de nuevas técnicas en todas las direcciones: procesos de construcción, cálculos, materiales, etc; pero en mucha menor medida a la idea global del proyecto, y a las trayectorias de los diferentes ingenieros que abren camino, de los que se puede aprender mucho”<sup>1</sup>.

Los resultados de aunar los conocimientos técnicos del ingeniero con los históricos han dado lugar a realizaciones significativas. En el campo de la ingeniería, los casos más representativos se presentan en los puentes. Un ejemplo digno de mención por su buen hacer, y por la perfecta interpretación que del lugar hizo su autor, es el nuevo puente de

---

<sup>1</sup> FERNÁNDEZ TROYANO, Leonardo.”Carlos Fernández Casado. Ingeniero”. Madrid, Monográfico de la Exposición de Carlos Fernández Casado, Volumen I. Ministerio de Fomento, CEDEX-CEHOPU.

Mérida que sustituía al romano, proyectado y construido por D. Carlos Fernández Casado. Además, esto supuso el origen de su interés por describir la “historia del puente”, que llegará hasta nuestros días<sup>2</sup>.

La labor de progreso y avance en el campo de la “ingeniería histórica” o de la “historia de la construcción” todavía es demasiado escaso, pese a ser ya considerada una disciplina de estudio. A menudo el acercamiento y el estudio se realizan desde una visión únicamente histórica, sin abordar los temas técnicos. Y la aportación de los Ingenieros de Caminos es necesaria en estos estudios, para ampliarlos en el ámbito técnico y de la rigurosidad científica.

Llegado el momento en el que se plantea la realización de la tesis doctoral, la temática estaba clara. Se trataba entonces de concretar el tema. Aunando ambas disciplinas, la ingeniería y la historia, el tema de esta tesis doctoral resultó el siguiente: la ingeniería civil durante la guerra civil española. Se trata de una época cercana pero sobre la que ha pasado ya un cierto tiempo que permite abordarla de forma objetiva. Además, la ingeniería del siglo XX en España todavía está sin estudiarse, y en época tan convulsa, su papel destacado merece la significación que le puede dar una tesis doctoral.

---

<sup>2</sup> FERNÁNDEZ CASADO, Carlos. “*Historia del Puente en España. Puentes romanos*”. Artículos publicados en la Revista Informes de la Construcción del Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

## 1.2 ÁMBITO DE ESTUDIO

El desarrollo de esta tesis doctoral se centrará cronológicamente en el periodo durante el que se desarrolló la contienda: entre 1936-1939.

Para llegar a este momento se analizarán tanto la época anterior como la posterior. Se presentará la evolución de la técnica de construcción de puentes desde el Siglo XIX, enmarcado dentro del contexto político y social del momento. Se ha marcado este inicio porque es a partir de este siglo, con el desarrollo de las redes ferroviarias y de carreteras, cuando se inicia la construcción de un gran número de puentes que llegarían hasta 1936. Además, estableciendo este punto de partida se puede analizar la evolución de los materiales de construcción de los puentes, desde la piedra hasta el hormigón pasando por los metálicos. En cuanto a la situación de la ingeniería civil, también resulta adecuado este planteamiento, pues es en el XIX cuando se crea el cuerpo de ingenieros de caminos, que evolucionará hasta la fecha de estudio. Para presentar tanto la situación previa como las repercusiones o consecuencias que la guerra civil provocó en cuanto a la ingeniería civil en España.

El ámbito geográfico se limita a nuestro país, en especial aquellas zonas en las que el conflicto se prolongó en el tiempo. Es significativa la relevancia que las obras de ingeniería civil tuvieron durante la guerra en aquellos lugares en los que se situaba la línea del frente, produciéndose continuas destrucciones y reconstrucciones en tiempo record.

En cuanto a los temas tratados, su limitación ha sido muy complicada debido a la amplitud de áreas de la ingeniería civil. Ésta abarca un amplio número de sectores de actuación a parte de las infraestructuras terrestres, como son las obras hidráulicas y los puertos. Éstos también resultaron afectados durante el conflicto, al ser considerados objetivos de guerra, que también influyeron en las estrategias desarrolladas. La localización de estas infraestructuras, en el tramo final de las vías o terrestres, en el caso de los puertos, o alejadas de ellas, en el caso de las obras hidráulicas, hacía que su inutilización no afectara a las comunicaciones terrestres. Por esta causa y para limitar el ámbito de estudio que de otro modo sería inabarcable, se ha trabajado sobre la afectación durante la guerra a las redes de carreteras y ferrocarriles, y en particular a los

elementos que dentro de las mismas resultaron más dañados, los puentes. Su estudio se plantea en función de los materiales de construcción utilizados y del tipo de puente, tanto antes como después de su reparación. Para desarrollar esta tesis doctoral es importante remarcar la diferencia que en las construcciones suponen los materiales de construcción empleados. Las soluciones son radicalmente distintas en función de los mismos. Por eso, en época de guerra donde tanto recursos económicos como medios materiales y humanos son bienes escasos, cobra especial significación el material empleado en la solución adoptada.

### 1.3 OBJETIVOS

Siempre que se aborda el estudio de las obras de ingeniería, es necesario introducir el marco histórico en el que se desarrollan. La historia de la tecnología, incluyendo la ingeniería, progresa en paralelo con la historia de la humanidad, por lo que no se debe aislar o abordar su estudio sin tener en cuenta los factores sociales, económicos o políticos en los que se producen. Es destacable la importancia que las realizaciones técnico-prácticas suponen para el progreso de un país, y sin lugar a dudas la sociedad progresa si lo hace la ingeniería (lo recíproco también es cierto).

En esta tesis es fundamental establecer la relación bilateral que existe entre las obras de ingeniería ejecutadas en el periodo 1936-1939 y la guerra civil española. Es más, no se podrían interpretar las construcciones de esta época sin saber en qué marco histórico nos encontramos. En él, la obra civil que normalmente se encuentra al servicio de la sociedad, pasa a depender directamente de las necesidades de la guerra en ambos bandos. Es por ello que ya no se construye para mejorar el país en sus comunicaciones, suministros, etc sino que las obras ejecutadas responden a la necesidad de acceso a determinados lugares o zonas estratégicas, salvo excepciones que se producen en territorios donde el conflicto fue menos intenso y duradero.

Del mismo modo, el hecho de estar inmersos en un conflicto bélico provoca que las soluciones que debe aportar la ingeniería deban ser inmediatas, es decir, sin la rigurosidad y el tiempo que exigiría un estudio adecuado al problema. Esto obliga a proyectistas y constructores a poseer una capacidad resolutiva superior a la necesaria en épocas de paz, intuyendo y practicando soluciones novedosas, inéditas y arriesgadas teniendo en cuenta la limitación tanto los medios materiales como inmateriales que se presentan en época tan convulsa.

A través del análisis de las destrucciones y reconstrucciones de las infraestructuras terrestres y sus elementos más característicos, los puentes, se trata con esta tesis de determinar cómo la ingeniería civil influye en el devenir de la guerra y cómo ésta ha afectado a las técnicas y al progreso de la ingeniería.

## 1.4 METODOLOGÍA

El trabajo para el desarrollo de esta tesis, parte de una investigación histórico-técnica basada en la recopilación, estudio y análisis de información obtenida en fuentes primarias. Esta intensa labor de búsqueda en Archivos Históricos fue fundamental para el desarrollo posterior del trabajo, pues ofrece información directa y objetiva sobre el tema de estudio. La documentación analizada se corresponde con la consulta de expedientes de proyectos de construcción originales, contratos y planificación de obra pública, en materia de obra civil. También resultó necesario recopilar información directa de los partes de operaciones de guerra y el resto de la documentación militar, que en relación con este tema, se generó durante el conflicto.

Las fuentes de información secundarias resultan imprescindibles para contextualizar la época de estudio, no sólo en lo político y social, sino también en el campo científico-técnico. En este campo, las publicaciones de la época (revistas específicas, prensa, diarios oficiales, etc) constituyeron una fuente de recursos importante para esta investigación.

A partir del análisis de los datos que ofrece la documentación referida, se procedió al planteamiento detallado de la tesis, definiendo los puntos clave y prioritarios a desarrollar en la tesis. Se trataba de extraer datos objetivos que contextualizasen la temática, tales como los relativos a los planes de obras públicas, destrucción de las infraestructuras durante la guerra y técnicas de reconstrucción empleadas, particularizando y desarrollando para los puentes de estas redes.

Por último, tras el desarrollo de los capítulos centrales, se realizó la labor de evaluación y análisis del trabajo para la obtención de las conclusiones de la tesis.

## 2. ANTECEDENTES

Este capítulo tiene como principal objetivo servir de marco introductorio en el campo histórico y de las obras públicas para poder así situarse adecuadamente en el contexto de la Guerra Civil española. Las tesis de corte histórico-técnico no deben centrarse únicamente en la época de estudio. Ésta siempre será el resultado de las acciones del pasado, y no sería comprensible sin analizar las causas que subyacen tras los hechos.

La temática de esta tesis doctoral obliga a presentar, aunque de modo somero, la historia tanto de nuestro país como de la ingeniería civil desde que ésta se erige en disciplina independiente de otras ramas y es reconocida como tal<sup>1</sup>. Para ello hemos de remontarnos al siglo XIX, cuando se crea tanto la Inspección General de Caminos y Canales como la Escuela de igual nombre. Al mismo tiempo, al situar el marco temporal en principios del siglo XIX, se puede analizar la construcción de los puentes desde esa fecha, en cuanto a materiales empleados, técnicas de ejecución, tipo, etc. Este estudio es necesario para abordar el tema central de esta tesis doctoral: la reconstrucción de puentes durante el conflicto bélico. Los puentes han sido construidos desde la antigüedad hasta nuestros días. Previamente al siglo XIX se proyectaban estas construcciones en los caminos y carreteras. Pero será en el XIX cuando proliferen en mayor número al completarse la red de caminos principal del Estado. Y en la red ferroviaria será en este momento cuando se comiencen a ejecutar. Por tanto, el siglo XIX es un buen punto de partida, ya que muchos de los puentes ejecutados en este siglo fueron objeto de las destrucciones producidas durante la Guerra Civil, y sus características influirán tanto en las técnicas de reconstrucción como en el tipo final de los mismos.

El capítulo se estructura en cuatro subapartados, ordenados cronológicamente, que representan cuatro periodos históricos claramente diferenciados, tanto para la historia

---

<sup>1</sup> Realizaciones enmarcadas dentro de lo que hoy denominamos Ingeniería Civil se han producido desde que el hombre primitivo comenzó su asentamiento y dominio del territorio. Desde ese momento hasta los siglos XVIII-XIX, las construcciones civiles se encargaron a profesionales que no pertenecían a una única rama de la construcción, esto es, ingenieros militares, maestros de obras, arquitectos, etc. En el caso de España es en el siglo XIX cuando se identifica la profesión de Ingeniero de Caminos y se determinan sus áreas de trabajo y competencias exclusivas en las construcciones civiles.

como y principalmente, para las obras públicas. Para cada una de las épocas mencionadas se analizará y describirá el periodo histórico, la actuación de los Ingenieros de Caminos en él y las realizaciones en materia de obras públicas, centradas en las carreteras y en los ferrocarriles. Se ha descartado el tratar la historia de otras ramas de la Ingeniería Civil también destacables en estas épocas como son los puertos, las obras hidráulicas o el urbanismo. La causa principal no estriba en que carezcan de interés o importancia, sino que el tratar estos temas, harían demasiado extenso este capítulo y supondrían el perder la perspectiva en el trato de esta tesis. Además la afectación que sufrieron durante el conflicto no fue tan relevante como la que se llevó a cabo con los puentes. En un apartado específico se describirán las principales obras singulares centradas en los puentes desde el siglo XIX. Se busca con ello mostrar la evolución histórica y constructiva en los mismos, en cuanto a tipo, materiales y técnicas de construcción empleadas.

El primer apartado servirá como introducción de los temas anteriores durante el siglo XIX. El tratar este siglo, puede parecer retrotraerse de manera excesiva. Sin embargo la importancia estriba en que es en él cuando se produce el nacimiento de la Escuela de Caminos y por lo tanto del Cuerpo de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Por ello podemos decir que se corresponde con el inicio de la ingeniería civil. Supone esto la estatalización de la obra pública en la que el Gobierno central asume su papel tanto planificador como ejecutor, en pos de Diputaciones o Entidades Locales. Pese a ser histórica, social y políticamente un periodo complicado, se tratará como bloque toda la centuria, pues el objetivo es presentar las realizaciones técnicas más que describir la época histórica.

El segundo subapartado se inicia en el siglo XX, y abarca el reinado de Alfonso XIII, desde que con motivo de su mayoría de edad asume el trono, hasta la dictadura de Miguel Primo de Rivera. Durante el mismo en España se produjeron ciertos periodos de inestabilidad. Podemos hablar del nacimiento de grandes figuras para la ingeniería de caminos en España y de la ejecución de imponentes e innovadoras obras en torno al nuevo material compuesto de construcción: el hormigón armado.

El tercer periodo tratado abarca la Dictadura de Primo de Rivera. En nuestro país, este nuevo gobierno supuso un cambio frente al desorden reinante de principios de los años

20. El hecho de situar en el Ministerio de Fomento a uno de los Ingenieros de Caminos más destacados del momento, Rafael de Benjumea, que además era un gran conocedor de la realidad y necesidades del país, provocó que en todos los campos de la obra pública surgieran modificaciones, tanto legislativas como técnicas, que dieron un impulso notable y de calidad a la obra pública.

Por último se desarrolla el periodo que abarca la Segunda República. Constituye ésta una época de inestabilidad política, pareja a cambios sociales novedosos en el país. Fue una época de renovación respecto a los periodos anteriores, en la que la sociedad resultó dividida. En materia de obras públicas, obligado por el contexto de crisis mundial que afectaba especialmente al país, se trató de reordenar y planificar la inversión. Los planes propuestos en general no llegaban a ser aprobados por los continuos cambios de gobierno que se producían, causando un descenso en la ejecución de la obra pública respecto al periodo anterior.

En el último apartado de este capítulo se realiza un recorrido por la historia de los puentes, desde las primeras realizaciones hasta 1936. Se han dividido en tres periodos: hasta el siglo XVIII; el siglo XIX y el primer tercio del siglo XX. Para cada uno de ellos se enumeran, tanto a nivel mundial como en España, las realizaciones más importantes en materia de puentes, diferenciando entre tipos y materiales de construcción.

## 2.1 LAS OBRAS PÚBLICAS EN EL SIGLO XIX.

En la historia de España en el siglo XIX se producen numerosos cambios, principalmente políticos, impedirán que se produzca la transición necesaria desde el Antiguo Régimen hacia la modernización de las nuevas ideas liberales parejas a la revolución industrial. Por esto y por la pérdida de poder en el panorama mundial a lo largo del siglo, a finales del XIX España retrocede puestos respecto al resto de las naciones industrializadas.

El cambio de siglo se inició sin que en España hubieran triunfado las ideas ilustradas que por entonces predominaban en Europa. La crisis económica y social que se mantenía en base a las estructuras estamentales tradicionales, se hizo aún más patente tras la derrota de la armada franco-española frente a la británica en la batalla de Trafalgar. El tratado de Fontainebleau empeoró la situación. En el mismo se permitía el paso de las tropas napoleónicas por el territorio español, en principio para favorecer la ocupación de Portugal. Pero este permiso lo aprovechó Napoleón para destronar a la dinastía borbónica y situar en el poder a su hermano José. Este hecho generó tal indignación popular que provocó el inicio de las sublevaciones, iniciadas en Madrid el 2 de mayo de 1808, que desembocaron en la Guerra de la Independencia, constituyendo la primera reacción de patriotismo vivida en el país. Durante la misma, se instauraron medidas liberalizadoras en el territorio español, como la Constitución de 1812 en Cádiz. Pero tras la finalización de la guerra en ese mismo año y la vuelta al poder de Fernando VII, principal representante del absolutismo, todas estas experiencias progresistas desaparecieron. Durante su reinado, que durará hasta 1833, se mantendrán las estructuras organizativas, gubernamentales y legislativas del siglo XVIII, sólo modificadas en el breve periodo progresista que discurre en el trienio liberal entre 1821 y 1823. Además, se produce la pérdida de gran parte de las posesiones Americanas, que al amparo de las revoluciones liberales, alcanzarán su independencia.

Con la muerte en 1833 de Fernando VII y el ascenso al trono de su hija Isabel II, se produjo en España una sucesión que traería importantes repercusiones para en la historia. Con la muerte de Fernando VII se inició una disputa por el trono entre los partidarios de su hermano Carlos María Isidro de Borbón, de tendencias absolutistas, y los partidarios de que el reinado estuviese en manos de su hija Isabel II, representante de

ideas liberales. El hecho es que tras la abolición de la ley Sálica que impedía la sucesión al trono de las mujeres, y por deseo expreso de Fernando VII, el trono le correspondía a su hija. Carlos nunca aceptó esta decisión, y sus intentos de conseguir el poder provocarán que hasta en tres ocasiones durante el siglo XIX haya que lamentar enfrentamientos civiles en España, en las conocidas guerras carlistas. La primera transcurrió entre 1833-1840; la segunda guerra carlista se inició en 1846 y finalizó en 1849; la tercera ocupó el periodo 1872-1876<sup>2</sup>. El desorden social y el enorme gasto que suponían los enfrentamientos militares, constituían una dura carga para un país ya de por sí desolado. Continuaron los períodos de inestabilidad política con la alternancia de gobiernos, alcanzados a través de pronunciamientos militares o sublevaciones populares. Por ello todas las reformas que se intentaban realizar estaban abocadas al fracaso, debido a lo efímero de cada uno de los gobiernos. Las medidas liberalizadoras que fueron en un principio el estandarte del reinado, se mostraron insuficientes y escasas para las necesidades reales del país. Entre las primeras se encuentra la desamortización. Mendizábal fue su principal impulsor en esta etapa. Con ello pretendía poner en el mercado, previa expropiación forzosa y mediante una subasta pública, las tierras y bienes que hasta entonces no se podían enajenar, en poder de las llamadas “manos muertas”, la Iglesia Católica o las órdenes religiosas. La repercusión de esta medida fue notable en la sociedad española, aunque los resultados esperados no se produjeron. Los terrenos expropiados cayeron en manos de nobles y burgueses adinerados, en lugar de en la masa campesina, que seguía por tanto en las mismas condiciones de precariedad y pobreza. Posteriormente, durante el bienio liberal (1854-1856) se produce otro intento más exitoso de desamortización, comandada por Madoz.

El crecimiento económico desordenado impedía la potenciación de sectores claves en plena revolución industrial: la mayoría de la población se dedicaba al sector agrícola de subsistencia y la poca industria que se implantaba en el país sólo lo hacía en determinadas regiones como Cataluña, País Vasco, Asturias o Andalucía, lo que generaba grandes desequilibrios regionales. La corrupción de algunos políticos instalados en el poder no hacía sino agravar todos los problemas sociales, provocando la aparición del caciquismo. España pierde las colonias que aún posee en ultramar, que inician su camino hacia la independencia (Cuba, Puerto Rico y Filipinas). La gran

---

<sup>2</sup> Las zonas más afines al carlismo fueron el País Vasco, Navarra, Cataluña y Aragón.

impopularidad de la reina Isabel II, incapaz de gobernar la nación, y su falta de apoyos, provocarán el derrocamiento del régimen a través de la revolución del 29 de septiembre de 1868 conocida como “La Gloriosa”<sup>3</sup>.

Las crisis financiera, agraria, industrial y política habían provocado la finalización del reinado de Isabel II, que se vio obligada a exiliarse. Se daba paso así a un período nuevo en la política española, en la que se intentará un avance de las libertades, con la victoria de la burguesía media como clase dominante. Sin embargo estos intentos reformadores tropezarán de frente una parte de la sociedad que planta cara a todo impulso modernizador. Se instauró un gobierno provisional hasta la proclamación de Amadeo I de Saboya como rey de España el 2 de enero de 1871. La oposición de carlistas, alfonsinos y republicanos, sumado a la inestabilidad social, provocaron la renuncia de este rey impuesto, sin que se hubieran producido cambios significativos respecto a las épocas anteriores. Durante un corto periodo (11/02/1873 al 24/12/1874) se implantó un nuevo sistema de gobierno inédito en España, la Primera República. Pero la intensa conflictividad social reflejada a través de huelgas constantes; la inestabilidad política provocada por la falta de consenso entre las distintas organizaciones; las guerras coloniales y la tercera guerra carlista, mermaron este sistema de gobierno, y provocaron que tras el pronunciamiento del general Arsenio Martínez Campos en Sagunto el 29 de diciembre de 1874, se produjera el regreso de la monarquía en el proceso conocido como Restauración Borbónica.

En 1875 Alfonso XII se erige en rey de España por un breve periodo de tiempo debido a su muerte prematura en 1885. Desde ese momento y hasta 1902, fecha en la que Alfonso XIII alcanzará la mayoría de edad, será regente María Cristina de Habsburgo y Lorena, madre del futuro rey. Este último periodo del siglo XIX al que España llegaba en condiciones claramente desfavorables respecto al resto de potencias europeas, se caracterizó por una estabilidad institucional posible gracias a la alternancia pactada en el

---

<sup>3</sup> El 19 de septiembre de 1868 el brigadier Juan Bautista Topete se levanta en armas en Cádiz contra el gobierno moderado de aquel momento, al frente del cual estaba Luis González Bravo. Inmediatamente se suman al levantamiento los generales Juan Prim, del Partido Progresista, y Francisco Serrano, duque de la Torre, líder tras la muerte de O'Donnell de la Unión Liberal. El triunfo de la revolución se produjo tras la victoria en la batalla de Alcolea el 28 de septiembre, que obligó a la dimisión del gobierno y al exilio de la reina Isabel II.

poder de los dos grandes partidos del momento: el conservador, liderado por Cánovas del Castillo, y el liberal, dirigido por Práxedes Mateo Sagasta. Se constituyó así un modelo de estado liberal que trataba de incorporar al sistema los movimientos sociales y políticos surgidos al calor de la revolución industrial. Sin embargo, el sistema de alternancia pactada no fue capaz de eliminar antiguos problemas como la corrupción y el caciquismo<sup>4</sup>, lo que dificultaba el progreso del país que continuaba con: una población empleada en la agricultura de subsistencia; un desarrollo industrial y de las comunicaciones desigual y escaso; la emigración como única solución; una sociedad cada vez más diferenciada en clases sociales que presentan enormes desequilibrios y el desproporcionado coste de mantenimiento de las colonias de ultramar, que mostraban su descontento a la dominación española. Así, a finales del siglo XIX España se sumía aún más en una crisis, tanto interior como exterior, que influirá en su devenir histórico en el siglo XX.

### **2.1.1 LA INGENIERÍA DE CAMINOS EN EL SIGLO XIX.**

Durante el siglo XVIII no existía en España ningún cuerpo profesional que se dedicara específicamente a la construcción de las obras públicas. A estas labores se encomendaban ingenieros militares, arquitectos o maestros de obras, cuyas experiencias en la construcción de la obra pública ofrecieron no siempre fueron exitosas. Se hacía patente la necesidad de organizar el campo de las obras públicas, tanto en lo que respecta a la administración como a la formación de los que serían responsables de las mismas.

---

<sup>4</sup> El problema del caciquismo fue determinante, debido a que el sistema de turnos pactados generaba una corrupción piramidal basada en la existencia del cacique que controlaba las voluntades de voto en su zona de influencia. Los partidos obtenían el poder no por decisión popular en unas elecciones, sino por la prerrogativa real de elegir los gobiernos. Así el partido o el político que había obtenido en Madrid el turno de poder debía fingir una victoria en las urnas, para lo que utilizaba y premiaba al cacique. Quedaba así configurado un sistema político que alentaba la corrupción desde arriba.

Haciendo una breve introducción, el Cuerpo de Ingenieros de Caminos tiene su origen en la Real Orden del 12 de junio de 1799<sup>5</sup> por la que se creaba la Inspección General de Caminos y Canales y que separaba del ramo de correos a los caminos y los canales. Se originaba un cuerpo facultativo para la redacción de proyectos y dirección de obras estatales y de esta manera se promovía la aparición de una escuela en la que se formasen esos facultativos. Con esta medida se ponía en marcha el proceso de tecnificación de las obras públicas españolas por el que llevaba quince años batallando don Agustín de Betancourt. El objetivo era crear una administración centralizada y tecnificada a semejanza de la administración francesa, que diese impulso a la construcción y conservación de las vías de comunicación y a otras obras de fomento, especialmente hidráulico. En la Real Orden se especificaba el personal que debía formar parte de la nueva Inspección, en total 11 Ingenieros (3 Comisarios y 8 Ayudantes de Caminos)<sup>6</sup>, que estaban llamados a dirigir los proyectos más importantes; el resto de las obras públicas, no dependientes de la Inspección, seguirían durante muchos años bajo la dirección de ingenieros militares, arquitectos titulados o no, maestros de obras sin titulación y técnicos extranjeros. El primer Inspector de Caminos y Canales fue José Naudín y Guzmán, impulsor de las reformas tendentes a la creación de un ramo independiente a la Dirección General de Correos. José Naudín y Guzmán, Conde de Guzmán, es una figura poco conocida pese a la importancia que representó para el Cuerpo de Ingenieros de Caminos<sup>7</sup>. En 1798, con motivo del hundimiento en construcción del puente del Rey, en la carretera de Madrid a Valencia, fue llamado a efectuar su reconocimiento, formulando posteriormente unas “apuntaciones” en las que propugnaba el establecimiento de una Inspección de Caminos separada del ramo de Correos. Una vez aprobada su propuesta por RO del 12 de junio de 1799 en Aranjuez,

---

<sup>5</sup> La Real Orden del 12 de junio de 1799 está publicada en la Revista de Obras Públicas en el número extraordinario del 12 de junio de 1899, como motivo del primer centenario del Cuerpo de Ingenieros de Caminos.

<sup>6</sup> En la Real Orden del 12 de junio de 1799 está publicada en la Revista de Obras Públicas en el número extraordinario del 12 de junio de 1899, como motivo del primer centenario del Cuerpo de Ingenieros de Caminos.

<sup>7</sup> Sobre esta figura se pueden localizar datos biográficos en el artículo de Carlos Domínguez López “*Algunas notas sobre el Conde de Guzmán. Primer Inspector de Caminos y Canales*”, publicado en la Revista de Obras Públicas en 1998, número 3374 así como en el libro “*Los Ingenieros de Caminos*” de Fernando Sáenz Ridruejo.

siendo ministro Mariano Luis de Urquijo, ocupó el cargo de Inspector de Caminos y Canales entre 1799 y 1801, siendo sustituido por Agustín de Betancourt.

La Escuela de Caminos y Canales se fundó en el palacio del Buen Retiro el 19 de noviembre de 1802 bajo las órdenes de Agustín de Betancourt<sup>8</sup>. La idea de fundación de la escuela responde al interés y empeño de Agustín de Betancourt y Juan López de Peñalver de crear en España una escuela similar a la de Ponts et Chaussées de París, para mejorar los conocimientos de hidráulica y de ingeniería civil en España. Ambos habían sido pensionados por el gobierno español para realizar estudios de hidráulica en esta escuela en París, entre 1785 y 1791. Allí constataron con agrado la existencia y buen funcionamiento de la la École de Ponts et Chaussées de París fundada por Rodolphe Perronet en 1733, por lo que desde entonces dirigirían su empeño en conseguir instalar en España una escuela similar de formación de ingenieros civiles. Desde 1786 se debate esta propuesta, pero con la muerte de Carlos III y la pérdida de poder del Conde de Floridablanca el 28 de febrero de 1792, acérrimo defensor de esta idea, el proyecto cayó en el olvido. Fruto de esta inquietud, y como preámbulo a la fundación de la Escuela, se crea en 1792 el Real Gabinete de Máquinas en el Buen Retiro, a imitación del francés, teniendo como primer director al propio Betancourt. La decisión política que permitió la apertura de la Escuela fue adoptada por el ministro Pedro de Cevallos, tras la rotura el 30 de abril de 1802 de la presa de Puentes, en Lorca (Murcia). La construcción de la presa de Puentes fue encargada al arquitecto Gerónimo Martínez de Lara en 1785, junto con la presa de Valdeinfierno, para la regulación del río Guadalentín en Murcia. Ambas recibieron el informe favorable de Juan de Villanueva para su construcción. La presa del pantano de Puentes era de gravedad y tenía una altura máxima desde cimientos hasta coronación de unas 60 varas (50 metros), con una

---

<sup>8</sup> Son innumerables las monografías, biografías y referencias relativas a la figura de Agustín de Betancourt. En la Revista de Obras Públicas son destacables los artículos de Pedro García Ormaechea y Casanovas y de José Antonio García-Diego y Ortiz ; en cuanto a biografías sobre este ilustre Ingeniero se deben consultar la publicaciones de Antonio Rumeu de Armas y Sebastián Padrón Acosta; otros autores como Fernando Sáenz Ridruejo o Antonio Ruiz Álvarez, hacen en sus obras mención destacable de la vida y obra de este personaje. El monográfico sobre la exposición “*Betancourt: los inicios de la ingeniería moderna en Europa*” publicada por el CEHOPU-CEDEX es un magnífico punto de partida para conocer la historia completa de Agustín de Betancourt, tanto en lo relativo a su vida como a sus realizaciones como Ingeniero ilustrado.

capacidad de 52 Hm<sup>3</sup>, superando así la legendaria presa renacentista de Tibi (Alicante), de 46 metros de altura y capacidad entre 2 y 4 Hm<sup>3</sup>, que fue durante muchos años la más alta del mundo. La cimentación de la presa de Puentes sobre una gruesa capa de acarreo muy permeable, no era la idónea para una presa de estas dimensiones, así que cuando las lluvias torrenciales provocaron el ascenso del agua casi hasta la coronación de la presa, el suelo sobre el que se asentaba no pudo resistir la presión, se produjo colapso por sifonamiento con la consiguiente rotura de la presa. La catástrofe por la riada produjo cuantiosos daños humanos (más de 600 muertos) y materiales, y la gran repercusión social, junto con el clamor popular, fue el último impulso necesario para el convencimiento de la necesidad de la creación de una escuela de técnicos especialistas en ingeniería civil, tras el descrédito de los arquitectos en el campo de las obras hidráulicas<sup>9</sup>. Betancourt, el mejor Ingeniero hidráulico del Reino y ya como Inspector General de Caminos y Canales, fue el encargado de valorar los daños y emitir el informe técnico sobre las causas de tal desastre. Así, en septiembre de 1802, tan sólo cinco meses después de la rotura de esta presa, la Escuela de Caminos y Canales (inicialmente denominada “Estudios de la Inspección General de Caminos y Canales”), iniciaba su andadura como el primer centro español consagrado a la formación de ingenieros civiles y de un modo especial a la ingeniería hidráulica. En el escrito que presenta Betancourt el 28 de abril de 1803 sobre la situación de las obras públicas en España titulado “*Noticia acerca del estado de los caminos y canales en España. Causas de sus atrasos y defectos y medios de remediarlos en adelante*”<sup>10</sup> señala lo siguiente para reforzar su tesis sobre la necesidad de una escuela técnica específica:

*“Pero ¿qué proyectos, qué cálculos, qué aciertos se podían esperar con la clase de estudios que han hecho la mayor parte de los sujetos que hasta ahora se han puesto para facilitar la instrucción de unas personas en quienes se depositan los intereses, la seguridad, la confianza y una gran parte de la prosperidad de la nación? En España no ha habido donde aprender, no sólo cómo se clava una estaca para fundar un puente, pero ni aún cómo se construye una pared. En la Academia de San Fernando y en las*

---

<sup>9</sup> En “Betancourt. Los inicios de la ingeniería moderna en Europa”. Catálogo de la Exposición, CEHOPU-CEDEX, Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Madrid, 1996.

<sup>10</sup> “Noticia del estado actual de los Caminos y Canales de España, causas de sus atrasos y defectos, y medios de remediarlos; Dada al Excmo. Sr. D. Pedro Cevallos por D. Agustín de Betancourt: Año de 1803”. Revista de Obras Públicas. Madrid, Año de 1869. Tomo I\_ n° 6.

*demás del reino que se intitulan de las bellas artes, no se enseña más que el ornato de la arquitectura. Los arquitectos se forman copiando unas cuantas columnas y agregándose a la casa de alguno de la profesión, donde suele ver y oír cuatro cosas de rutina y con esta educación y estos principios es examinado por otros que tienen los mismos, queda aprobado y se le da la patente para acometer cuantos desaciertos le ocurran en edificios, puentes, caminos y canales”.*

A estas reclamaciones responde la Real Orden de 26 de julio de 1803, que especifica las ordenanzas por las que deberán regirse los futuros facultativos, que pasan a denominarse Ingenieros de Caminos y Canales. Según explicita: *“Todos estos individuos, en sus respectivas clases, se denominarán ingenieros de Caminos y Canales, iniciándose con este nombre una carrera de honor y de personas facultativas que dedican sus tareas al servicio del rey y del público en un ramo tan importante a la prosperidad del Estado”*<sup>11</sup>.

En España las enseñanzas impartidas en la Escuela recién fundada se vieron afectadas por los acontecimientos políticos del momento, sufriendo diversas interrupciones durante el reinado de Fernando VII por el carácter progresista e ilustrado de sus doctrinas. Para definir las distintas etapas en las que funcionó y tomando la denominación de Fernando Sáenz Ridruejo, hablaremos de “las tres escuelas”. La primera de ellas estuvo en funcionamiento durante seis años, entre 1802 y 1808, cerrándose tras la invasión napoleónica el dos de mayo de 1808. Las enseñanzas contaban con una duración de dos años. En ellas se impartían conocimientos de ciencias aplicadas y de técnicas de construcción, dentro de un marco ilustrado, progresista y liberal de clara influencia francesa. A pesar del escaso periodo inicial de apertura, sus enseñanzas influyeron de tal manera en sus alumnos que serían éstos mismos los que posteriormente se encargarían de transmitir el espíritu ilustrado de su fundador a los alumnos posteriores<sup>12</sup>. No fue hasta el otoño de 1821 cuando se pudo reabrir la escuela

---

<sup>11</sup> SÁENZ RIDRUEJO, FERNANDO: *“Los ingenieros de Caminos”*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, 1993.

<sup>12</sup> *“Reseña histórica de la escuela de Caminos, Canales y Puertos”*. Vicente de Garcini Pastor. Revista de Obras Públicas, Número extraordinario. I Centenario del Cuerpo de Ingenieros de Caminos. Madrid, número 1267, Año 1899.

en la calle Alcalá, en un edificio situado sobre el solar del que después fue palacio del marqués de Casa Riera<sup>13</sup> ofreciendo una formación de tres años que funcionaría tan sólo durante el Trienio Constitucional hasta 1823. En este caso no llegó a haber ningún titulado y sus miembros fueron perseguidos por liberales. En el periodo absolutista en el que estuvo cerrada (1814-1820), al ser suprimidas tanto la Inspección como la Escuela, las obras públicas volvieron a una situación similar a la del siglo anterior quedando supeditadas al ramo de Correos. Y es en 1834 tras la muerte de Fernando VII y la llegada al trono de su hija Isabel II a través de la regencia de su madre María Cristina de Borbón, que instaura un régimen aperturista, cuando se produce la reapertura de la “tercera” escuela, que funcionará ininterrumpidamente hasta la actualidad<sup>14</sup>. En este caso la formación tenía una duración de cinco años y sus clases se impartían en el caserón de la plazuela de la Leña. Sufrió el traslado en el 1847 al edificio que tenía el Conservatorio de Artes en la calle del Turco<sup>15</sup>, que no contaba con las instalaciones adecuadas para dar servicio a todas las necesidades requeridas, así que tras más de cuarenta años acabó situándose en 1889 en el Cerrillo de San Blas<sup>16</sup> en el retiro, junto al Observatorio Astronómico y muy cerca de la escuela primitiva.

---

<sup>13</sup> El palacio del marqués de Casa-Riera es un palacio hoy desaparecido que se encontraba situado en la calle de Alcalá esquina a la calle del Marqués de Casa Riera. Era conocido como la casa de los Alfileros. El palacio fue derribado en los años veinte del siglo XX ocupando su solar el edificio de la Secretaría General del Movimiento hasta 1977. Hoy son oficinas. En lo que fueron los jardines del palacio se construyó el edificio del Círculo de Bellas Artes. SÁENZ RIDRUEJO, FERNANDO: *“Técnica e Ingeniería en España V. El Ochocientos. Profesiones e instituciones civiles”*. Manuel Silva Suárez, ed. Zaragoza, Real Academia de Ingeniería, Institución “Fernando el Católico”. Prensas Universitarias de Zaragoza, 2007.

<sup>14</sup> Para ampliar la información sobre la historia de la Escuela de Caminos así como de los ingenieros que en ella se formaron durante el siglo XIX, es recomendable la lectura de los libros de FERNANDO SÁENZ RIDRUEJO: *“Ingenieros de Caminos del Siglo XIX”*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, 1990 y *“Los ingenieros de Caminos”*. Madrid, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1993.

<sup>15</sup> SÁENZ RIDRUEJO, FERNANDO: *“Los ingenieros de Caminos”*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, 1993 y GARCINI PASTOR, VICENTE DE *“Reseña histórica de la escuela de Caminos, Canales y Puertos”*. Revista de Obras Públicas, Número extraordinario. I Centenario del Cuerpo de Ingenieros de Caminos. Madrid, N° 1267, Año 1899.

<sup>16</sup> La construcción de la nueva escuela se acordó en 1886, y fue autor de su diseño y construcción el arquitecto y profesor de la Escuela Mariano Carderera, que la proyectó a semejanza del la École de Ponts et Chaussées de París. El edificio, construido con granito y ladrillo prensado, contaba con sótano, planta

En 1836, con la promulgación del reglamento orgánico del cuerpo mediante una orden el 14 de abril de Martín de los Heros, se organizaba la “Dirección General de los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos” (en 1835 se incorporaron los puertos a las competencias y a la titulación de los Ingenieros de Caminos y Canales)<sup>17</sup> y se crea la Junta Consultiva de Caminos, Canales y Puertos<sup>18</sup>. La administración de las obras públicas quedaba estructurada en subinspección, distrito y provincia<sup>19</sup>. La Dirección General fue dependiente durante el siglo XIX de diversos ministerios, según se iba modificando el gobierno. Inicialmente, en 1832 pertenecía al recién creado Ministerio de Fomento General del Reino pero ya en 1834 pasó a depender del Ministerio de Interior que en 1835 cambiaría el nombre por el de Ministerio de la Gobernación del Reino o de la Península. En 1847, con la creación del Ministerio de Comercio, Instrucción y Obras Públicas, la Dirección General se integró en el mismo, que

---

baja, principal, segunda y dos pabellones en forma de ático y quedó finalizado el 29 de febrero de 1888. Actualmente alberga dependencias del Ministerio de Cultura y entorno al mismo están situadas las dependencias del CEDEX. SÁENZ RIDRUEJO, FERNANDO: “*Los ingenieros de Caminos*”. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, 1993 y “*Nueva escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos*”. Revista de Obras Públicas, Madrid, Año 1889, tomo VII nº 2 y nº 5.

<sup>17</sup> En cuanto a la denominación de la profesión, como se ha especificado, en 1835 se añaden los puertos a la anterior de Ingenieros de Caminos y Canales. Pero existió una ampliación ya que adquirió un cuarto elemento, el de faros, pasando a denominarse: “Ingenieros de Caminos, Canales, Puertos y Faros”. Esto se debió a la gran actividad constructiva que de estos elementos se produjo a mediados del siglo XIX, pero un título tan largo cayó en desuso, sin que seamos conocedores ni de cuándo se estableció ni cuándo se eliminó. SAÉNZ RIDRUEJO, FERNANDO: “*Técnica e Ingeniería en España V. El Ochocientos. Profesiones e instituciones civiles*”. Manuel Silva Suárez, ed. Zaragoza, Real Academia de Ingeniería, Institución “Fernando el Católico”. Prensas Universitarias de Zaragoza, 2007.

<sup>18</sup> La Junta Consultiva se estableció en la orden de 14 de abril de 1836. Sus funciones eran: examinar los proyectos de obras públicas, tanto si éstas se construían con cargo a los fondos públicos como si los hacían empresas o concesionarios autorizados por el gobierno; ocuparse de los asuntos contencioso-administrativos; y resolver los asuntos “de cuenta y razón” relativos a la contabilidad de las obras. Fue suprimida por Real Decreto de 9 de agosto de 1900 y en su lugar se creó el Consejo de Obras Públicas, que se encargaría de emitir informe sobre los planes de obras públicas y disposiciones de carácter general; asuntos de obras públicas para los que las disposiciones requiriesen su informe; y cuando así lo pidiera el ministro en asuntos de verdadera importancia y complejidad. SÁENZ RIDRUEJO, FERNANDO: “*Los ingenieros de Caminos*”. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, 1993.

<sup>19</sup> SÁENZ RIDRUEJO, FERNANDO: “*Los ingenieros de Caminos*”. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, 1993.

modificaría su nombre en 1851 bajo el mandato de Bravo Murillo por el de Ministerio de Fomento<sup>20</sup>.

Los Ingenieros de Caminos pasaron a regentar todos los puestos de la administración que construían y potenciaban las obras públicas. La plantilla prevista inicialmente de 116 Ingenieros fue incrementándose a lo largo del siglo XIX, a medida que aumentaban las necesidades de las obras públicas y la Escuela proporcionaba más facultativos.

El siglo XIX fue prolífico en la aparición de grandes figuras de la ingeniería española, que elevaron la profesión a las más altas cotas de la intelectualidad técnico-científico españolas. Sus inquietudes les hicieron superar las limitaciones que en aquel tiempo se les presentaban como son las económicas o las físicas (dificultad de desplazamiento, lejanía de Europa), e inspiraron a las nuevas generaciones de la profesión su dedicación por la misma. Entre los miembros más destacados del siglo XIX están Eduardo Saavedra (profesor de puentes, arabista y arqueólogo); Pablo de Alzola (ingeniero e historiador de la Obras Públicas); José Echegaray (matemático, economista y escritor, ganador del primer premio nobel de literario español); Ildefonso Cerdá (el gran urbanista del Ensanche barcelonés); Práxedes Mateo Sagasta (político liberal de gran talla); Leonardo Torres Quevedo (inventor de máquinas e ingenios diversos) o Lucio del Valle, entre otros.

Los trabajos de ingeniería civil españoles realizados durante el siglo XIX no se limitaron territorialmente a la Península Ibérica. Las posesiones de ultramar reclamaron la presencia de profesionales especializados para la ejecución de sus obras públicas. Hasta mediados de siglo esta labor fue encomendada a los ingenieros militares, pero a partir de la creación del Ministerio de Ultramar, que abarcaba los territorios insulares aún no independizados de la corona española (Cuba, Puerto Rico y Filipinas), estos trabajos serían desarrollados por los Ingenieros de Caminos. Realizaron una fecunda

---

<sup>20</sup> SÁENZ RIDRUEJO, FERNADO: *“Los ingenieros de Caminos”*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, 1993

labor hasta la independencia de éstas en 1898. Entre los ingenieros destacados estaban Evaristo Churruca<sup>21</sup> o Miguel Martínez de Campos<sup>22</sup>.

Otro hito importante en la historia del cuerpo lo constituye la creación en 1853 de la Revista de Obras Públicas<sup>23</sup>, decana hoy en día de la prensa española no diaria, que reza en su cabecera ser “*fundada y sostenida por el cuerpo nacional de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos*”, con el objetivo de llenar el vacío que existía en cuanto a prensa técnica en el país<sup>24</sup>. De publicación inicialmente quincenal, posteriormente

---

<sup>21</sup> Evaristo Churruca se incorporó en la jefatura del distrito oriental de Puerto Rico. En 1869 es nombrado inspector al frente de las obras de toda la carga. En 1873 cesó en este cargo. Durante su estancia en la isla construyó los puentes de Bayamón, Caguas y Mayagüez y fue el impulsor del plan de limpieza y mejora de trazado en el puerto de San Juan. Dentro de su intensa actividad constructiva en Puerto Rico destacó la construcción del faro del Morro de San Juan así como la reconstrucción de las iglesias de Guayama y Humacao después de su destrucción por un terremoto. A su regreso a España, la intensa labor desempeñada en el puerto de Bilbao lo convertirían en un referente para la ingeniería portuaria a nivel mundial. SÁENZ RIDRUEJO, FERNANDO: “*Ingenieros de Caminos del siglo XIX*”. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, 1993 y “*Los ingenieros de Caminos*”. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, 1993.

<sup>22</sup> Comenzó su experiencia como encargado del distrito oriental de la isla de Puerto Rico en 1866, actuando además como supervisor de las obras de toda la isla. Fue el constructor del puente sobre el río Portugués en la carretera de Mayagüez a Ponce, en la isla de Puerto Rico. Era un personaje de extremada valía que desempeñó posteriormente labores docentes en la Escuela de Caminos. Además fue académico de Ciencias y director general de MZA. SÁENZ RIDRUEJO, FERNANDO: “*Los ingenieros de Caminos*”. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, 1993.

<sup>23</sup> El precedente de esta revista fue el “Boletín Oficial de Caminos, Canales y Puertos”, que fundó Pedro Miranda en 1843. A través del boletín se realizaba la difusión de las novedades técnicas y administrativas entre los ingenieros dispersos por todo el país, al mismo tiempo que se establecía una comunicación interna para el Cuerpo. Desapareció en 1847. SÁENZ RIDRUEJO, FERNANDO: “*Los ingenieros de Caminos*”. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, 1993.

<sup>24</sup> **Arrancaba el primer número con la siguiente declaración de intenciones:** “*Al dar principio á la Revista, dedicándonos al estudio de uno de los elementos más esenciales para el desarrollo de la actividad humana, creemos debe hacer algunas consideraciones generales sobre las obras públicas y sobre la influencia que ejercen en la civilización y prosperidad de las naciones. Hasta ahora no ha existido en nuestro país un periódico, que aprovechando los descubrimientos y conquistas de nuestro siglo, procurase estudiarlas en su aplicación á las obras públicas, y sacase de este estudio experiencias ventajosas para el adelanto de la ciencia y el bienestar de los pueblos. Faltos del estímulo que alienta y de la discusion que esclarece, esos principios marchaban lentamente, sin poder recibir las*

semanal y actualmente mensual, aborda los principales temas de la ingeniería civil a través de los artículos especializados de los ingenieros profesionales que libremente desean difundir sus conocimientos. Como órgano de expresión de los Ingenieros de Caminos, en ella tenían cabida desde la explicación de los avances científico-técnicos de la época hasta la descripción de obras significativas e incluso reivindicaciones de ámbito político y social. Constituía el símbolo de una profesión que inicialmente y manteniendo la filosofía ilustrada de Betancourt, se caracterizaba por su liberalismo progresista, acentuado a partir de la segunda mitad del siglo XIX. Como menciona Fernando Sáenz Ridruejo: *“No hubo, entre 1854 y 1868, empresa intelectual de signo progresista en la que los ingenieros de Caminos no estuvieran presente, ya fuera en contra de la esclavitud, a favor del libre comercio o en pro de cualquier otro derecho individual”*<sup>25</sup>. Sin embargo, y pese al triunfo de la revolución progresista de 1868 a la que muchos ingenieros contribuyeron y en la que se integraron, en el último cuarto de siglo el pensamiento generalizado del Cuerpo viró hacia el conservadurismo. En la Restauración se inclinaron, al igual que la nueva burguesía acomodada, por el partido conservador, a pesar que el partido liberal estaba liderado por un Ingeniero de Caminos, Mateo Práxedes Sagasta. Aun así la imagen pública del Cuerpo continuaba enmarcado dentro del halo progresista ya que sus miembros se erigían en promotores de iniciativas innovadoras fundamentalmente en el campo técnico<sup>26</sup>.

---

*modificaciones ni el desarrollo que la observación y el conocimiento de las circunstancias especiales de un país deben imprimir á los principios generales para hacerlos provechosos y fecundos.*

*Vamos á empezar nuestras tareas, procurando llenar este vacío con convicción y entusiasmo, porque tenemos fé en la marcha progresiva de la humanidad y en la poderosa ayuda que los adelantos materiales parecen prestar al cumplimiento de sus destinos...*

*Pues bien, ante esa profunda verdad, ante el incesante movimiento de todas las naciones europeas hacia el bien material y moral, antes esas aspiraciones utilitarias del espíritu moderno, ¿quién será el que desconozca la inmensa influencia que las obras públicas, principal agente del progreso despues de la prensa, deben ejercer sobre la civilización del porvenir?”* (sic). José Echegaray en la Revista de Obras Públicas, 1853, número 1

<sup>25</sup> SÁENZ RIDRUEJO, FERNANDO: *“Ingenieros de Caminos del siglo XIX”*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos; Madrid; 1990.

<sup>26</sup> Saavedra, por ejemplo, funda la revista técnica “Anales de la Construcción y de la Industria” y junto con Francisco de Coello y Joaquín Maldonado, la Sociedad Geográfica Española. SÁENZ RIDRUEJO, FERNANDO: *“Los ingenieros de Caminos”*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, 1993.

### 2.1.2 LOS FERROCARRILES EN EL SIGLO XIX

El ferrocarril supuso un nuevo modo de transporte en el siglo XIX provocando una auténtica revolución. En todos los países evolucionados del momento se trabajó con ahínco en la adopción e innovación del ferrocarril, del que iba parejo una nueva industria, que implicaba un cambio sustancial, fundamentalmente en los modos de transporte y en la configuración del territorio. En España la incorporación del ferrocarril se produjo tardíamente en relación con los países europeos avanzados, pese al interés e insistencia de algunos empresarios que veían en el ferrocarril el motor del progreso necesario para sus negocios.

No resulta casual que las primeras iniciativas que surgen en España para la construcción del ferrocarril se produzcan en Cádiz. Su tendencia liberal y progresista hacía de la zona andaluza el escenario idóneo para albergar los principales avances de la época, principalmente los tecnológicos. Además a esto había que unir la estrecha relación comercial que mantenían con Gran Bretaña, que lideraba las aplicaciones de la máquina de vapor tanto marítimas como terrestres a través del ferrocarril. En Cádiz ya se empleaban máquinas de vapor de efecto simple en aplicaciones industriales como las del Real Arsenal de la Carraca para el desagüe de sus diques de carenar en seco y máquinas de doble inyección en el molino harinero del marqués de Casa de Irujo en la ciudad de Cádiz. No se debe olvidar que es en la Bahía de Cádiz donde se establece la primera línea regular de transporte de pasajeros y mercancías con un buque de vapor, el “Real Fernando”<sup>27</sup>.

Varios fueron los intentos de construcción de la primera línea en la península y sin embargo el primer ferrocarril español se construyó en la isla de Cuba. La primera iniciativa en España la constituye la solicitud de construcción de la línea férrea desde Jerez de la Frontera al muelle del Portal, en el río Guadalete, realizada por José Díez Imbrecht. La línea de 6 Km de longitud (7.000 varas), se construiría con el fin de

---

<sup>27</sup> TORREJÓN CHAVES, JUAN: “Cádiz y los orígenes del ferrocarril en España”. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de Cádiz. IV Congreso de Historia Ferroviaria, Málaga, 2006 y ROMERO MUÑOZ, DOLORES y SÁENZ SANZ, AMAYA: “La construcción de los puertos: siglos XVI-XIX” en “Puertos y sistemas portuarios (siglos XVI-XIX)” Actas del Coloquio Internacional El Sistema Portuario Español. Ministerio de Fomento, Madrid, 1996.

transportar vino hasta el puerto de Cádiz<sup>28</sup>, para desde allí ser exportado a Gran Bretaña. Díaz Imbrecht buscaba la financiación necesaria para llevar a cabo esta empresa, alegando “*La realización de este primero y corto ensayo hará ver palpablemente en España las ventajas de estos caminos, que generalmente se ignoran, y solo no se duda que disminuyen el gasto de tiempo y dinero á la octava parte del usual de los arrecifes comunes. La riqueza de vinos, rano y mercaderías de todas las clases que precisa é inevitablemente se transporte por este camino aseguran sus utilidades*”<sup>29</sup>(sic). Su empeño le llevó a solicitar la participación en su sociedad a las grandes autoridades gaditanas y del país, incluyendo al rey Fernando VII<sup>30</sup>. El otorgamiento de la concesión

---

<sup>28</sup> El comercio del afamado vino de Jerez suponía en la época una fuente importante de ingresos en la comarca principalmente por las exportaciones del mismo a Gran Bretaña. Las botas de vino jerezano que se transportaban desde las bodegas en carretas tiradas por dos bueyes y conducidas por un hombre, transitaban por un camino afirmado hasta Portal, donde existía un embarcadero sobre el río Guadalete. Allí la carga se trasvasaba a embarcaciones menores que bajaban hasta el puerto de Santa María en Cádiz, puerto franco desde el 21 de febrero de 1829. El coste de mantenimiento y conservación tanto de la vía terrestre como del muelle se gravaba sobre las casas de los vinos de Jerez, que por lo tanto estaban en clara desventaja frente a sus competidores de El Puerto y Sanlúcar. La construcción del ferrocarril pondría fin a estos costes extraordinarios que se aplicaban al precio del vino de Jerez. TORREJÓN CHAVES, JUAN: “*Cádiz y los orígenes del ferrocarril en España*”. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de Cádiz. IV Congreso de Historia Ferroviaria, Málaga, 2006.

<sup>29</sup> En “*Cádiz y los orígenes del ferrocarril en España*” de Juan Torrejón Chaves. IV Congreso de Historia Ferroviaria, Málaga, 2006.

<sup>30</sup> A principios de verano de 1830, Díez Imbrecht mandó imprimir e hizo circular entre el público un prospecto titulado “*Asociación para la empresa de un carril de hierro desde Jerez al Portal o muelle sobre el río Guadalete (siete mil varas) con privilegio exclusivo por 50 años, concedido a D. José Díez Imbrechts, por Real orden de 23 de setiembre de 1829*” con la intención de suscribir accionistas. El discurso de Imbrecht para motivar la inversión era el que sigue: “*Sin espíritu de asociación en vano podrá gozar la España y los españoles de las inmensas ventajas públicas y particulares que su suelo reclama, y su Monarca protege y desea. ¡Con qué corto sacrificio de anticipación y de ejemplo de parte de los pudientes se pueden adoptar en España los métodos productivos y provechosos, que en otras naciones ostentan fuerza y esplendor, derraman prosperidad y cultura, y recogen riqueza y comodidades por fruto de cálculos exactos y de ensayos felices! El que en razón de sus facultades se niega a contribuir a los adelantos de las artes y al progreso de la industria de su país, no puede merecer la gratitud de la patria ni del Soberano que preside á sus destinos. ¡Qué puede perder en lo que todos deben ganar! Y por el contrario, qué estímulo de ejemplo no presenta a la realización indefinida de mejoras y adelantos necesarios a nuestro estado, e indispensables para competir con otras naciones vecinas, y tanto más poderosas cuanto la nuestra queda estacionaria.*” (sic). Consiguió la suscripción del Obispo y del

para la construcción se produjo por Real Orden el 23 de septiembre de 1929<sup>31</sup>, con cierta celeridad por parte del gobierno, tras el informe favorable del proyecto que realizó el Ingeniero de Caminos Agustín de Larramendi<sup>32</sup>. Sin embargo, no se llegó a materializar la idea. La falta de financiación y entusiasmo de los inversores, que no llegaron a aportar la cantidad inicial que estimaba Imbrecht, y la competencia del proyecto coetáneo de otro promotor, Marcelino Calero, hicieron imposible la ejecución de este innovador proyecto.

Marcelino Calero y Portocarrero<sup>33</sup> se propuso tras su exilio y regreso a España, construir un ferrocarril que uniera Jerez con Sanlúcar de Barrameda, el Puerto de Santa María y Rota, con la concesión del gobierno obtenida por Real Decreto el 28 de marzo de 1830<sup>34</sup>. El proyecto de ferrocarril tendría una longitud total de 23  $\frac{3}{4}$  millas (8 leguas

---

Gobernador de Cádiz, así como la del Rey Fernando VII y del Ayuntamiento de Cádiz, que adquirieron 25 y 5 acciones respectivamente. TORREJÓN CHAVES, JUAN: *“Cádiz y los orígenes del ferrocarril en España”*. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de Cádiz. IV Congreso de Historia Ferroviaria, Málaga, 2006.

<sup>31</sup> Gaceta de Madrid de 1º de abril de 1829, número 40, p. 155.

<sup>32</sup> En su informe Agustín de Larramendi destacó la viabilidad del mismo atendiendo a que su construcción era posible por el excelente emplazamiento previsto, lo corto del trayecto y el importante tráfico existente, además de resaltar el importante ahorro que se produciría en el transporte. TORREJÓN CHAVES, JUAN: *“Cádiz y los orígenes del ferrocarril en España”*. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de Cádiz. IV Congreso de Historia Ferroviaria, Málaga, 2006.

<sup>33</sup> Marcelino Calero y Portocarrero fue un gran emprendedor español obligado a exiliarse en Inglaterra por su condición de constitucionalista tras el Trienio Liberal y la persecución que desató tras el mismo Fernando VII. Se instaló en Londres y allí fundó la “Imprenta Española”. Su interés por el ferrocarril quedó patente desde el inicio de la publicación del “Semanao de Agricultura y Artes”, el 2 de julio de 1829, en donde trató repetidas veces de los caminos de hierro y sus ventajas sobre los carriles ordinarios, informando sobre los progresos de los ferrocarriles e indicando los beneficios que la implantación de tan novedoso medio de transporte proporcionaría al desarrollo de España y Cuba. LENTISCO FLORES, DAVID: *“Cuando el hierro se hace camino. Historia del Ferrocarril en España”* Alianza Editorial, S.A. Madrid, 2005 y TORREJÓN CHAVES, JUAN: *“Cádiz y los orígenes del ferrocarril en España”*. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de Cádiz. IV Congreso de Historia Ferroviaria, Málaga, 2006.

<sup>34</sup> Por este Real Decreto Calero obtuvo el privilegio exclusivo para el establecimiento por 25 años de la “Empresa del camino de hierro desde Jerez de la Frontera a El Puerto de Santa María, desde éste a Rota, y desde Rota a Sanlúcar de Barrameda” con el nombre de “Camino de hierro de María Cristina”. Las mercedes otorgadas a la empresa eran las siguientes:

castellanas), desde Jerez a El Puerto (6 ¼ millas), desde El Puerto a Rota (7 ½ millas), y desde Rota a Sanlúcar de Barrameda (10 millas) estimando el tiempo total del trayecto en 2 horas (calculando que cada legua se recorrería en un cuarto de hora). Pero de nuevo la desesperanza y la decepción ante la imposibilidad de conseguir los fondos y apoyos necesarios así como los conflictos internos dentro la sociedad recién creada, hicieron a su impulsor desistir de tan innovador proyecto y transmitir sus derechos a Francisco María Fassio. Éste continuó con el propósito de establecer la primera línea ferroviaria en la península, intentando alcanzar el éxito de la construcción tanto en Andalucía<sup>35</sup> como en Cataluña<sup>36</sup>, pero sus intentos tampoco sucedieron como deseaba. La

- 
- Primera: El Rey se declara protector de la misma.
  - Segunda: Consentía que el camino de hierro tomase el nombre de la Reina.
  - Tercera: Concedía a Calero y a la compañía que formase, un privilegio exclusivo por el término de 25 años para la construcción del camino y para la de los carruajes de vapor y muelles o puentes colgados que en él se empleasen.
  - Cuarta: Permitía que el camino pasara por los terrenos de propiedad particular y del común, y que se cortasen para su construcción las maderas necesarias en los montes comunales y baldíos, pagando el precio que correspondiese con arreglo a tasación.
  - Quinta: Eximía de derechos de entrada en España a las piezas que debían formar el camino de hierro y los muelles colgados, las máquinas de vapor, y los instrumentos destinados a los trabajos.
  - Sexta: Nombraba al Capitán General de Andalucía, y a quien ocupase su puesto con posterioridad, Juez conservador privativo del ferrocarril, con dependencia, a este respecto, del primer Secretario de Estado como Superintendente General de Caminos.

TORREJÓN CHAVES, JUAN: *“Cádiz y los orígenes del ferrocarril en España”*. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de Cádiz. IV Congreso de Historia Ferroviaria, Málaga, 2006.

<sup>35</sup> Francisco María Fassio asumió la concesión del ferrocarril de Jerez de la Frontera-Puerto de Santa María-Aculadero (nuevo emplazamiento elegido en lugar de Rota) de manos de Calero. Este plan era una versión reducida de la originalmente propuesta por Calero, situándose el muelle en la zona del Aculadero y eliminándose la conexión desde éste con Rota y Sanlúcar de Barrameda. El ingeniero Arthur Dean fue el encargado de trazar una nueva línea y efectuar la nivelación. Pero este intento de construir el ferrocarril tampoco fructificó. Por una Real Orden del 4 de mayo de 1838 se declaró caducado el privilegio de Fassio. TORREJÓN CHAVES, JUAN: *“Cádiz y los orígenes del ferrocarril en España”*. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de Cádiz. IV Congreso de Historia Ferroviaria, Málaga, 2006.

<sup>36</sup> En Cataluña se le concedió la construcción en 1833 de la línea de Reus al puerto de Tarragona, que tampoco prosperó. *“Breve reseña de los progresos de los ferrocarriles en España”*, Revista de Obras Públicas. Madrid, número 24, 1855.

Diputación de Vizcaya también se sumó al interés en la construcción del ferrocarril aunque sin éxito<sup>37</sup>.

Es así como ante los continuos fracasos iniciados en la península se produjo la inauguración del primer ferrocarril español fuera de nuestras fronteras, en la isla de Cuba. El interés de la construcción de un ferrocarril en Cuba respondía a la necesidad de transporte interior de azúcar desde los campos de caña hasta los puertos de embarque para su exportación. La deficiencia de la red de caminos y el clima húmedo de la isla provocaban que durante gran parte del año éstos resultaran impracticables. En 1835, la reina regente, María Cristina de Borbón autorizó el comienzo de las obras de ferrocarril entre las poblaciones de La Habana (Quinta García) y Güines<sup>38</sup>, iniciándose en el mes de diciembre de 1835. El ferrocarril se construyó por el estado a través de la real junta de fomento de la isla de Cuba. Los ingenieros encargados de llevar a cabo el proyecto fueron dos afamados técnicos norteamericanos del momento, Benjamín H. Wright y Alfred Cruger. El 19 de noviembre de 1837 se inauguró el tramo La Habana-Bejucal y un año después quedarían abiertas al tráfico las 17 leguas (aproximadamente 95 kilómetros) del total del trazado entre la Habana y Güines<sup>39</sup>.

---

<sup>37</sup> Concretamente su intención era la construcción de una línea que uniera el puerto de Bilbao con Burgos, para enlazar comercialmente las mercancías entre el puerto vasco y la meseta. Su propuesta de 1832 caerá en el olvido tras verse interrumpida por el estallido de la Primera Guerra Carlista. LENTISCO FLORES, DAVID: *“Cuando el hierro se hace camino. Historia del Ferrocarril en España”* Alianza Editorial, S.A. Madrid, 2005.

<sup>38</sup> La idea original sobre la construcción de esta línea corresponde al ya mencionado Marcelino Calero que era conocedor de las necesidades de locomoción en la isla de Cuba. Inicialmente su propuesta y proyecto fueron rechazados tras el informe de viabilidad negativo que emitió el famoso Ingeniero Militar amigo de Agustín de Betancourt, Francisco Lemaur. Posteriormente, y tras ser nombrado en 1834 el general Miguel Tacón como capitán general de la Cuba (máxima autoridad de la isla), el interés por el proyecto de Calero vuelve a surgir, hasta materializarse en la construcción del tramo La Habana-Güines. LENTISCO FLORES, DAVID: *“Cuando el hierro se hace camino. Historia del Ferrocarril en España”* Alianza Editorial, S.A. Madrid, 2005.

<sup>39</sup> LENTISCO FLORES, DAVID: *“Cuando el hierro se hace camino. Historia del Ferrocarril en España”* Alianza Editorial, S.A. Madrid, 2005 y en referencia al ferrocarril cubano añade: *“No deja de ser curioso que fuese en Cuba donde tuviese lugar nuestra primera experiencia ferroviaria, anterior once años a la que tendría lugar en la Península. Pero las condiciones económicas y políticas de la colonia estaban más cerca de las de los estados del sur de los Estados Unidos, que de las de la metrópoli. Los ricos propietarios agrícolas cubanos adoptaron muy pronto posiciones burguesas, y en la isla*

El fracaso en la construcción de ferrocarriles se justifica por la situación que se está viviendo en el país en esa época. Así: *“Abandonadas las obras públicas, contenido el pensamiento y esclava la palabra, pobre de inteligencia y de capitales, porque la extenuación producida por la guerra de la Independencia no había podido desaparecer, á causa del desasosiego político y de las viciosas instituciones que nos regían, las tentativas que se hicieran entonces, como durante la guerra civil, para aclimatar los ferro-carriles en España, donde no había, puede decirse, carreteras, no debían tener y no tuvieron resultado alguno”*<sup>40</sup> (sic).

En la Península continúan las propuestas. El 20 de junio de 1843 es presentada la petición de licencia para la construcción y explotación de una línea férrea entre Barcelona y Mataró, por Miquel Biada y Bunjol y su socio residente en Londres José María Roca<sup>41</sup>. El aluvión posterior de peticiones sobre concesiones para la construcción y explotación del ferrocarril que recibió el Ministerio, le obligó a plantearse la necesidad de establecer un marco legislativo que regulara técnica y jurídicamente estas construcciones. La petición que provoca la reacción del gobierno para establecer un marco normativo es la de construcción de una gran línea entre Madrid y Cádiz realizada por el ingeniero francés Jean Charles Jacqueau Galbrun. El gobierno pasó dicha petición a informe de la Dirección General de Caminos, al mismo tiempo que mandó a ésta que indicara la forma y bases generales bajo las cuales podrían en lo sucesivo otorgarse esta clase de concesiones. Es así como el 2 de noviembre de 1844 se presenta el Informe de Ferrocarriles conocido posteriormente como Informe Subercase, elaborado por una comisión de tres Ingenieros de Caminos, Juan de Subercase y su hijo, José de Subercase, junto con Calixto Santa Cruz. Su trasposición a la normativa española se produce por Real Orden el 31 de diciembre de 1844 (publicándose el 19 de enero del año siguiente) *“dictando varias reglas y aprobando el pliego de condiciones generales*

---

*escaseaban los resortes del Antiguo Régimen. Esto había permitido a Cuba vivir casi ajena a la lucha que en los días de la inauguración de su primer tren se libraba en España entre absolutistas y liberales”*

<sup>40</sup>*“Breve reseña de los progresos de los ferrocarriles en España”*. Revista de Obras Públicas, número 24, 1855.

<sup>41</sup> LENTISCO FLORES, DAVID: *“Cuando el hierro se hace camino. Historia del Ferrocarril en España”* Alianza Editorial, S.A. Madrid, 2005.

*para la concesión de ferrocarriles*”<sup>42</sup>. Este informe recomienda que sea el estado el encargado de la construcción de las líneas férreas para que este sistema de transporte tan poderoso esté en manos del gobierno, considerando así que el ferrocarril es una necesidad ineludible y no un negocio. Establecía además las prescripciones técnicas para todos los ferrocarriles: ancho de vía de seis pies castellanos entre bordes interiores; pendientes y rampas máximas del 1%; radios mínimos en las curvas de 1000 pies; los cruces con las carreteras generales podrían ser a nivel, excepto en los casos que el gobierno determine; los puentes podrían ser de cantera, de hierro y de pilas y estribos de piedra y piso de madera; el camino de hierro debía quedar separado por muro, setos, palizadas o fosos con antepecho de tierra para separar el camino y las propiedades particulares<sup>43</sup>. La elección del ancho de vía, suficientemente justificada en el informe, será la característica que más repercusión tendrá para los ferrocarriles españoles, llegando el problema incluso a la actualidad. Establece que en todo el territorio español debe emplearse el mismo ancho para todos los caminos de hierro que se concedan, para garantizar la uniformidad<sup>44</sup>, y lo fija en seis pies castellano (1,668 metros), en lugar del ancho aceptado a nivel europeo de 5,17 pies (1,435 metros). La elección de un ancho diferente está justificado en el informe Subercase. El hecho de que España contara con una orografía de perfil duro y variable obligaba a la ejecución de líneas con duras pendientes. Por esto se creía necesario contar con locomotoras mucho más grandes y

---

<sup>42</sup> URIOL SALCEDO, JOSE I: *“Historia de los caminos de España”*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Colección de Ciencias, Humanidades e Ingeniería, nº 41. Madrid 1992.

<sup>43</sup> Informe dado en 2 de noviembre de 1844 por una comisión de Ingenieros de Caminos de la Dirección General del ramo, y adaptado por ésta al proponer a la aprobación del Gobierno las condiciones generales bajo las cuales se han de autorizar a las empresas de los caminos de hierro. 2 de noviembre de 1844. Gaceta de Madrid, de 21 de enero de 1845.

<sup>44</sup> Aunque establece la obligatoriedad de adoptar en las nuevas vías el ancho de seis pies castellanos, permitía que en casos excepcionales éste se modificase: *“No es esto decir que no haya casos excepcionales en que se puedan permitir otras anchuras, como en los caminos de poca extensión, que solo sirven para explotación de alguna mina, ó en los de otro establecimiento industrial, ó en los que partiendo de un punto inmediato á la costa, terminan inmediatamente en ella; y generalmente en los que se vea claramente que no pueden nunca formar parte ó entroncar con otras líneas de grande extensión”*(sic). En Informe dado en 2 de noviembre de 1844 por una comisión de Ingenieros de Caminos de la Dirección General del ramo, y adaptado por ésta al proponer a la aprobación del Gobierno las condiciones generales bajo las cuales se han de autorizar a las empresas de los caminos de hierro. 2 de noviembre de 1844. Gaceta de Madrid, de 21 de enero de 1845.

potentes que las que exigían los trazados europeos. La tesis subyacente era que a mayor anchura de vías podía ser mayor la superficie de calefacción de la caldera de las locomotoras, que tenía que ir situada entre las ruedas, al no poder elevar el centro de gravedad de la misma por razones de estabilidad. Así se conseguía aumentar la potencia de las máquinas. Sin embargo, esta tesis se había comprobado que era errónea en el momento de emisión del informe, lo que aparenta ser un desconocimiento de la realidad ferroviaria por parte de estos ingenieros. Tal y como refleja J. Moreno en su libro “Prehistoria del ferrocarril”: “...los argumentos en pro de la vía ancha que figuran en el informe habían sido tomados de Poussin, Bineau y Pambour, autores que en 1844 se encontraban técnicamente obsoletos. El desarrollo tecnológico de la locomotora había corregido en este año casi todos los defectos que los partidarios de las vías anchas le atribuían. Otro error craso de los comisionados fue creer que existía en el mundo ferroviario una tendencia hacia las vías anchas...creyendo que éstas iban a prevalecer sobre las de ancho normal y que, en un futuro próximo, la técnica iba a imponer el criterio de ensanchar estas últimas”<sup>45</sup>.

Pero el informe data de 1844, y la primera ley de ferrocarriles es de 1855. En estos años los continuos perfeccionamientos de la locomotora convertían la cuestión del ancho de vía en algo cada vez más irrelevante, que ya no guardaba relación con la potencia a desarrollar<sup>46</sup>. Sin embargo en España se seguía defendiendo la tesis de la necesidad del ancho de seis pies castellanos con argumentos ya rebasados por la técnica, como el de obtener mayor estabilidad, velocidad, potencia de las locomotoras y espacio para los mecanismos<sup>47</sup>. Esta norma fue rebatida por el ingeniero de caminos Cipriano Segundo

---

<sup>45</sup> MORENO FERNÁNDEZ, JESÚS: “Prehistoria del ferrocarril”. Fundación de los Ferrocarriles Españoles, Madrid, 1983-1986.

<sup>46</sup> En MORENO FERNÁNDEZ, JESÚS: “Prehistoria del ferrocarril” Fundación de los Ferrocarriles Españoles, Madrid, 1983-1986, se detalla que “hacia 1844 los avances tecnológicos habían invalidado, en buena parte, los defectos que los partidarios de la vía ancha pretendían corregir. La caldera se había alargado de modo que se llegaba casi a alcanzar la capacidad de evaporación de las locomotoras del ferrocarril del Great Western. Desde 1838 Stephenson afirmaba que el problema del espacio para los mecanismos había dejado de tener importancia. Pero además se habían introducido dos perfeccionamientos de enorme trascendencia: una presión de caldera más elevada y el mecanismo de distribución Williams-Hoxe”.

<sup>47</sup> En España se mantenía la teoría de la necesidad de un ancho de vía mayor para que las locomotoras pudieran superar las fuertes pendientes, en lugar de fundamentar la potencia en la creciente presión de las

Montesinos, partidario del ancho europeo, en el proyecto de ley de 1850. Posteriormente en el proyecto de ley presentado por Mariano Miguel de Reinoso, primer Ministro de Fomento, éste proponía el ancho que se empleaba en casi todo el continente de 1.435 mm. Sin embargo, ninguna de estas iniciativas fructificó, estableciéndose definitivamente el ancho que proponía el informe Subercase, por el empeño tanto de los ingenieros, que con ello creían que se superarían mejor las dificultades orográficas del país, como de los políticos, que no fueron capaces de prever la problemática que el aislamiento ferroviario supondría para el país. Estas diferencias en el ancho de vía serán un gran inconveniente para la conexión con las vías europeas, situando a España, en ocasiones, en un notable aislamiento que influyó en el atraso económico y social que vivió el país a mediados del siglo XIX.

En la Real Orden de 1844 de 31 de diciembre de 1844<sup>48</sup> que fijaba las normas de ejecución de los caminos de hierro, el Gobierno introduce una significativa modificación en el artículo 3º respecto a la norma propuesta. Establecía la posibilidad de solicitar la concesión sin imponer ningún tipo de obligación, por lo que el peticionario adquiriría un derecho sobre la concesión del ferrocarril sin necesidad de proceder a su construcción. Por ello *“todas las líneas que podemos soñar en España se concedieron provisionalmente en los años 1845 y 1846, siguiendo a este frenesí el marasmo más completo hasta fin de 1849, en cuyo periodo solo tenemos noticias de dos concesiones. La fabulosa red concedida quedó en las colecciones legislativas, pero desgraciadamente solo alguna que otra de las líneas de menor importancia pasó al*

---

calderas. MORENO FERNÁNDEZ, JESÚS: *“Prehistoria del ferrocarril”* Fundación de los Ferrocarriles Españoles, Madrid, 1983-1986.

<sup>48</sup> Esta Real Orden fue publicada el 19 de enero de 1845 y en el artículo 3º se consignaba lo siguiente: *“Cuando el suscriptor ó suscritores de las propuestas de los caminos de hierro sean sujetos de conocido arraigo y ofrezcan además las garantías que el Gobierno estime suficientes, se le concederá un término de doce á diez y ocho meses para que puedan presentar los documentos y llenar las formalidades que expresan las disposiciones precedentes con la autorización necesaria para obtener los datos precitados, reservándoles entre tanto la preferencia sobre otras propuestas que se refieran al mismo camino”* (sic). Real orden de 19 de enero de 1845 fijando las disposiciones que han de observarse en lo sucesivo en las propuestas que se hicieren para la ejecución de diferentes líneas de caminos de hierro. Pliego de condiciones.

*terreno de los hechos*”<sup>49</sup>. La falta de capitales así como la corrupción reinante en el país motivaron el fracaso en estas construcciones.

La Real Orden no consiguió que en España se produjera el despegue de las construcciones del ferrocarril. El fracaso de la primera norma<sup>50</sup> y de los distintos proyectos que se presentaron en las cortes sin aprobarse en los años 1851, 1852 y 1853<sup>51</sup>, provocó la aprobación de la Ley de Ferrocarriles el 3 de junio de 1855, que es desarrollada en la Instrucción del 15 de febrero de 1856. La principal característica de la Ley residía en el hecho de considerar el ferrocarril un bien de servicio público por medio del establecimiento del control estatal de los elementos básicos de la política ferroviaria<sup>52</sup>. Pero al carecer el Estado de recursos económicos suficientes para hacerse cargo de la construcción, la ley se erigió en el instrumento administrativo necesario para convocar al capital extranjero a participar en la construcción de la red ferroviaria española. Esto supuso el desencadenante de la expansión ferroviaria española hasta el final del siglo XIX. Las principales medidas que legislaba regulaban las concesiones del ferrocarril, que a partir de ese momento no se otorgarían a dedo sino por el procedimiento de subasta. Establecía que cada una de ellas debía ser objeto de una ley especial con un plazo máximo para la concesión de 99 años, otorgando derechos en cuanto a ocupación de terrenos de dominio público y desgravaciones y exenciones

---

<sup>49</sup> “Breve reseña de los progresos de los ferrocarriles en España” Revista de Obras Públicas, N° 24, 1855.

<sup>50</sup> Según se describe en la Revista de Obras Públicas: “Los tristes resultados que habían dado la multitud de concesiones hechas en 1845 y 1846, generalizaron la opinión de que en España no eran posibles los caminos de hierro, si el Gobierno no ayudaba en su construcción con fondos públicos” en “Breve reseña de los progresos de los ferrocarriles en España” Revista de Obras Públicas, número 24, 1855.

<sup>51</sup> Las concesiones otorgadas a partir de 1850 seguían realizándose sin cumplir las formalidades que exigía la legislación vigente de 1844. Los proyectos se presentaban sin los datos suficientes para contratar, “presentando ancho campo a la inmoralidad por lo que la conciencia del país acabó por sublevarse...En este estado encontró los ferrocarriles la revolución, que ha respetado en su mayor parte las concesiones hechas, regularizándolas en lo posible y anulando todas las contratas pendientes, menos la de Aranjuez á Almansa, que con la parte comprada en 1852 de Madrid a Aranjuez se ha concedido al que era contratista de dicha línea, D. José de Salamanca” en “Breve reseña de los progresos de los ferrocarriles en España” Revista de Obras Públicas, número 24 , 1855.

<sup>52</sup> Ley de 3 de junio de 1855 general de los caminos de hierro.

aduaneras para los materiales, maquinaria y equipo ferroviario importados para la construcción y explotación de la línea. Además, establecía los auxilios económicos por parte del estado, bien a través de subvenciones o bien mediante garantía de unos intereses mínimos al capital.

Pero la Ley también contaba con aspectos negativos que resultaron de una importancia capital en el futuro de la red española. Uno de los más controvertidos lo supuso la obligatoriedad de adoptar el ancho de 1,668 metros (6 pies castellanos) para la vía en España. A estas alturas de siglo, como se ha comentado anteriormente, se había perdido toda razón técnica que justificase la adopción de este ancho. El objetivo perseguido con esta medida era el de dificultar la entrada de manufacturas europeas, estableciendo así una medida proteccionista a través de la instalación de una aduana permanente. La ley potenciaba el recurso a la industria extranjera para la construcción del ferrocarril español, ya que establecía un régimen de franquicias arancelarias para la importación libre de cargas fiscales de todos aquellos materiales que fuesen precisos en la puesta en marcha los tendidos férreos. España carecía de empresas capaces de suministrar el material ferroviario necesario, tanto material rodante como demás elementos siderometalúrgicos (carril, elementos metálicos, etc). El fomento de las importaciones de material extranjero no hizo más que frenar la incipiente industria nacional. De este modo la legislación ferroviaria constituyó más un freno que un potenciador del desarrollo industrial. No se prestó la más mínima atención al fomento de la economía productiva, lo que hubiese permitido proliferar a alguna de las aventuradas industrias que por entonces comenzaban su difícil singladura, como es el caso de la industria Maquinista Terrestre y Marítima de Barcelona<sup>53</sup>.

---

<sup>53</sup> Esta empresa fue fundada el 4 de septiembre de 1855 y es un claro ejemplo de las penurias por las que debieron pasar las empresas pioneras en construcciones mecánicas en España. Sobrevivió inicialmente gracias a las construcciones metálicas en obras civiles como puentes y por la fabricación de elementos sencillos para el ferrocarril. El impulso definitivo se produce tras la fabricación en 1884 de la primera locomotora enteramente española para la empresa Tarragona a Barcelona y Francia (TBF). A partir de este momento esta fábrica se convertirá en la más importante en la construcción de material ferroviario. LENTISCO FLORES, DAVID: *“Cuando el hierro se hace camino. Historia del Ferrocarril en España”* Alianza Editorial, S.A. Madrid, 2005.

Siguiendo el curso histórico y coincidiendo con la época revolucionaria de la primera república, la construcción de ferrocarriles se enfrenta a un periodo de crisis. Aunque la ley de 9 de febrero de 1869 declaraba que el ferrocarril no era un servicio público sino un negocio particular, entregando así la titularidad a perpetuidad al promotor o promotores, el Estado, a través de la ley de 23 de junio de 1870, auxiliaba la construcción de más de 3000 kilómetros de nuevos ferrocarriles, que no llegaron a realizarse<sup>54</sup>. Posteriormente, y ya en la restauración borbónica, la construcción de ferrocarriles retomaría el auge anterior, principalmente a raíz de la aprobación de una nueva ley de ferrocarriles de 23 de noviembre de 1877. El aspecto innovador que introducía era la planificación de la red de ferrocarriles a través un plan general, para equilibrar la red ya construida o en construcción, con nuevas líneas transversales y dotar de líneas a aquellas zonas como las occidentales, con escasa densidad ferroviaria. Incorporaba además una nueva reglamentación técnica aplicable a la construcción de líneas que no tuviesen la consideración de troncales o principales, permitiendo que fuesen ejecutadas con un ancho de vía menor a los seis pies castellanos, construyéndose mayoritariamente líneas con ancho de vía métrico<sup>55</sup>. Aunque con alguna que otra parada en la construcción, ésta continuó a un ritmo constante hasta finales del XIX.

En cuanto a la construcción de ferrocarriles durante el siglo XIX podemos distinguir dos periodos claramente diferenciados. El primero de ello se corresponde con los años transcurridos desde el informe Subercase hasta la aprobación de la ley de Ferrocarriles de 1855. Este periodo inicial se caracteriza por la construcción de pequeños ferrocarriles dispersos por la geografía española. Respondían a esfuerzos de promotores individuales con escasos capitales, sin atender a una planificación que beneficiara al interés general del país.

---

<sup>54</sup> URIOL SALCEDO, JOSE I: *“Historia de los caminos de España”* Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Colección de Ciencias, Humanidades e Ingeniería, nº 41. Madrid 1992.

<sup>55</sup> Esta medida estaba motivada por la ausencia de ferrocarriles en aquellas comarcas que por su pobreza o difícil orografía no resultaban atractivas para las grandes compañías por los altos costes de construcción en ancho normal. Se potenciaron así redes de vía estrecha de 1 metro, que proliferaron en el Cantábrico, Cataluña, País Vasco y Valencia. URIOL SALCEDO, JOSE I: *“Historia de los caminos de España”* Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Colección de Ciencias, Humanidades e Ingeniería, nº 41. Madrid 1992.

El hito constructivo inicial lo constituye la inauguración del tramo de ferrocarril entre Barcelona y Mataró, el 28 de octubre de 1848, que se produjo no sin grandes vicisitudes. El interés en la construcción de un ferrocarril entre estas dos poblaciones respondía al empeño del ya mencionado Miquel Biada y Bunyol. Su estancia en Cuba en el día de la inauguración del tramo La Habana-Güines le hará concebir la idea de la construcción de un ferrocarril entre Barcelona y su Mataró natal. Inicialmente se encontró con la oposición brutal de una sociedad ignorante, clasista y hermética que se negaba al progreso que suponía el ferrocarril desde todos sus estamentos. Los empresarios catalanes incluso se negaron a participar en el proyecto, así que Miquel Biada recurrió al apoyo de otro emigrante catalán en Londres, José María Roca, que atraería a un nutrido grupo de inversionistas ingleses para la formación de la compañía. Esto animó a los empresarios catalanes que aportaron el capital necesario para acometer la realización del proyecto en curso. La empresa encargada de la construcción y gestión del ferrocarril quedaría constituida legalmente el 27 de julio de 1845 con el nombre de “Gran Compañía Española del Camino de Hierro de Barcelona a Mataró”<sup>56</sup>. Pero no será la financiación el único obstáculo que deberá superar tan arriesgada empresa<sup>57</sup>

---

<sup>56</sup> LENTISCO FLORES, DAVID: “*Cuando el hierro se hace camino. Historia del Ferrocarril en España*” Alianza Editorial, S.A. Madrid, 2005 y URIOL SALCEDO, JOSE I: “*Historia de los caminos de España*” Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Colección de Ciencias, Humanidades e Ingeniería, nº 41. Madrid 1992.

<sup>57</sup> Previo al comienzo de las obras la empresa se encontró con las dificultades que en la época suponía en España la realización de expropiaciones por motivo de interés general, solucionadas tras largas y tensas negociaciones. Superado este obstáculo y ya con la intención de comenzar los trabajos de construcción, la empresa verifica la ausencia de técnicos y empresas especialistas en líneas férreas en el país, por lo que se verá obligada a la contratación de la empresa inglesa Mackenzie and Brassey, Co, que también participaba como accionista en la “Gran Compañía Española del Caminos de Hierro de Barcelona y Mataró”. Otro de los inconvenientes, surgido tras el comienzo de las obras en 1847, lo supuso la adquisición tanto del material rodante (comprado finalmente en Inglaterra a la empresa Jonnes and Potts) como de material de la superestructura, traviesas, donde hubo que recurrir a la compra a empresas rusas por la imposibilidad de conseguir la madera en las cantidades necesarias. Y finalmente la financiación estuvo a punto de paralizar las obras cuando estas estaban a punto de rematarse, siendo de nuevo el empeño y la abnegación de Miquel Biada lo que motivaría la superación de este último obstáculo. LENTISCO FLORES, DAVID: “*Cuando el hierro se hace camino. Historia del Ferrocarril en España*” Alianza Editorial, S.A. Madrid, 2005.

hasta su inauguración el 28 de octubre de 1848, en un acto<sup>58</sup>, que contó con la presencia de personalidades, autoridades y el boato de los más grandes acontecimientos. El proyecto del eminente ingeniero inglés, Joseph Locke, por fin se había hecho realidad. La línea férrea<sup>59</sup> de 28,4 kilómetros que unía Barcelona y Mataró por costa, con estaciones además en Badalona, Mongat, Masnou, Premiá de Mar y Vilasar, fue recorrida en media hora.

En la península, el segundo ferrocarril en explotación fue el de Madrid a Aranjuez. El objetivo de la línea era comunicar el tradicional palacio de verano de la Corte con la capital del reino. La construcción fue concedida el 6 de abril de 1846 a José de Salamanca y Mallol, futuro Marqués de Salamanca y formaba parte de un proyecto más ambicioso que proyectaba la construcción de una línea férrea entre Madrid y Alicante. A pesar de que las obras comenzaron el 4 de mayo de 1846, por una serie de incidencias la construcción se demoró, y el viaje inaugural se realizó el 9 de febrero de 1851<sup>60</sup>, abriéndose al servicio público al día siguiente. Fue obra del Ingeniero de Caminos Pedro de Miranda, que contó con la colaboración de Carlos María de Castro<sup>61</sup>.

---

<sup>58</sup> En este viaje inaugural se transportó una carga de cien toneladas de peso distribuidas en 24 vagones. Viajaron 1000 pasajeros, que se sorprendieron ante tan maravillosa innovación. Se cumplía así el objetivo de Miquel Biada, que no pudo ver cumplido su sueño por su prematura muerte. LENTISCO FLORES, DAVID: *“Cuando el hierro se hace camino. Historia del Ferrocarril en España”* Alianza Editorial, S.A. Madrid, 2005.

<sup>59</sup> Las principales características técnicas de las líneas son las siguientes: longitud total de 28,4 kilómetros; contaba con el primer túnel que se ejecutó en la península de 135 metros de largo por 6,75 metros de ancho y 6,00 metros de alto; para la ejecución de la línea se hizo necesario proyectar 44 puentes de madera, entre los que destacaban los que salvaban el río Besós y la riera Argentera; el ancho era el normal español, seis pies castellanos. URIOL SALCEDO, JOSE I: *“Historia de los caminos de España”* Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Colección de Ciencias, Humanidades e Ingeniería, nº 41. Madrid 1992.

<sup>60</sup> La longitud de la línea era de 49 kilómetros. Los puentes se construyeron de madera y además de las estaciones terminales de Madrid y Aranjuez, el tren se detenía en las estaciones intermedias de Villaverde, Getafe, Pinto y Valdemoro. URIOL SALCEDO, JOSE I: *“Historia de los caminos de España”* Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Colección de Ciencias, Humanidades e Ingeniería, nº 41. Madrid 1992.

<sup>61</sup> SAÉNZ RIDRUEJO, FERNANDO: *“Los Ingenieros de Caminos”*. Madrid, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1993.

Los pequeños tramos construidos hasta 1855 configuran dos líneas principales. Por un lado, Madrid a Alicante, con un tramo construido de Madrid a Albacete y otra más corta que une el Grao de Valencia con Játiva. Los otros ferrocarriles principales son los que unen Barcelona con su alfoz y el primer ferrocarril minero que une Sama de Langreo con el puerto de Gijón<sup>62</sup>. El estado de los ferrocarriles en España en 1855 se refleja en la siguiente tabla:

FERROCARRILES EN 1855 (*)				
LÍNEA	FECHA DE LA CONCESIÓN	LONGITUD E LA LÍNEA	LONGITUD EN CONSTRUCCIÓN	KILÓMETROS EN EXPLOTACIÓN
Madrid a Aranjuez y Almansa(c)	9 de marzo de 1855	356	80	Madrid a Albacete 276
Almansa a Játiva	26 de agosto de 1852	(a)	14	14
Játiva al Grao de Valencia (d)	11 de noviembre de 1850	58	14	Toda la línea 58
Almansa a Alicante	4 de septiembre de 1852	97	49,5	49,5
Sevilla a Córdoba	28 de agosto de 1851	130	22	22
Jerez a Matagorda	16 de agosto de 1850	27,5	12,5	Jerez al Puerto 15
Alar a Santander	13 de mayo de 1849	118,5	58	58
Barcelona a Zaragoza	21 de septiembre de 1852	(b)	44,5	Moncada a Sabadell 12
Barcelona a Mataró	23 de agosto de 1843	28	28	Toda la línea 28
Mataró a Arenys de Mar	26 de abril de 1851	8,5	7,5	7,5
Barcelona a Granollers	20 de julio de 1850	29	29	Toda la línea 29
Barcelona a Martorell	12 de junio de 1850	27,5	10,6	Barcelona a Molins del Rey 16,5
Tarragona a Reus	30 de septiembre de 1851	11	11	11
Langreo a Gijón y Oviedo	2 de mayo de 1845	49	25	Gijón a Sama de Langreo

(a) Se ignora la longitud que tendrá la línea, por estar pendiente de resolución la dirección del trazado

(b) Se ignora la longitud por no estar hechos aun los tramos desde Manresa a Zaragoza.

(c) los subtramos de esta línea son los siguientes: Madrid a Aranjuez (49 km); Aranjuez a Tembleque (52 km); Tembleque a Alcázar (47 km); Alcázar a Albacete (128 km).

(d) los subtramos de esta línea son: Játiva a Cacagente (16 km); Carcagente a Benifayó (18 km); Benifayó a Grao (25 km).

(\*) Estado de los Ferrocarriles en España en 1855<sup>63</sup>.

<sup>62</sup> Este ferrocarril se dedicaba al transporte exclusivo de carbón asturiano hasta la costa para su embarque. Tenía una anchura de 1,45 metros, en lugar de la normal española; en su trazado incluía un plano inclinado que salvaba un desnivel de 91 metros y funcionaba inicialmente por gravedad elevando los vagones vacíos ascendentes con el peso de los cargados descendentes. Las obras se iniciaron en 1847 bajo el mando de José Elduayen. URIOL SALCEDO, JOSE I: *“Historia de los caminos de España”* Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Colección de Ciencias, Humanidades e Ingeniería, nº 41. Madrid 1992 y SAÉNZ RIDRUEJO, FERNANDO: *“Los Ingenieros de Caminos”*. Madrid, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1993.

<sup>63</sup> Datos obtenidos de *“Breve reseña de los progresos de los ferrocarriles en España”*. Revista de Obras Públicas, Madrid, Nº 24, 1855 y de URIOL SALCEDO, JOSE I: *“Historia de los caminos de España”*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Colección de Ciencias, Humanidades e Ingeniería, nº 41. Madrid 1992.

A partir de la ley de 1855 surge una auténtica revolución constructiva en el ámbito de los ferrocarriles. Comenzaba la aquí denominada segunda época, que durará hasta finales del siglo XIX<sup>64</sup>. En ella surgirán las grandes compañías ferroviarias españolas en dos intervalos diferenciados.

La primera gran compañía se constituyó al amparo de la ley de ferrocarriles de 1855, el 31 de diciembre de 1856 bajo el nombre de “Compañía de Ferrocarriles de Madrid a Zaragoza y Alicante”, más conocida como MZA. Su principal capitalista era la banca Rothschild de París. El Marqués de Salamanca aportó a la nueva compañía las concesiones que poseía en la zona en la que iba a actuar. Su principal proyecto era la unión entre la capital del Estado y la capital maña, materializando dicha conexión en 1863. Posteriormente este tramo se conectará a la red de la compañía catalana que construía la línea Barcelona-Zaragoza. La unión de Madrid con la ciudad condal era una realidad. Sin embargo, la compañía no se limitará a la construcción única de esta línea, sino que en su afán de consolidarse en el panorama ferroviario construirá otras líneas o ramales, que aunque poseían una menor importancia, resultaban estratégicas para la extensión de su red<sup>65</sup>. Asimismo, a partir de 1875 comienza su expansión con la

---

<sup>64</sup> El ritmo de construcción medio de las líneas entre 1855 y 1896 fue de 302 kilómetros anuales. En 1855 la red contaba con 480 kilómetros, en 1859 se superaron los 1000 kilómetros de red mientras que en 1896 el total ascendía a 12.892 kilómetros, que se descomponían en 10.789 kilómetros de vía ancha y 2.083 de vía estrecha. Además en este año estaban en construcción 589 kilómetros de vía ancha y 562 kilómetros de vía estrecha. Sin embargo se debe señalar que para hacer realidad estas cifras se debieron superar muchos esfuerzos y dificultades. La construcción de ferrocarriles en España no fue tarea fácil, en gran parte debido a las dificultades de su geografía que no se adapta en muchas zonas a la técnica de los ferrocarriles, que requiere rampas suaves y curvas amplias. Esto provoca que en numerosas ocasiones se debiera recurrir a la ejecución de túneles, pronunciadas rampas o el aumento del desarrollo de la línea. URIOL SALCEDO, JOSE I: “*Historia de los caminos de España*” Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Colección de Ciencias, Humanidades e Ingeniería, nº 41. Madrid 1992.

<sup>65</sup> Entre las líneas y ramales que MZA construye en el periodo 1856-1865 están las siguientes:

- Ramal Aranjuez-Toledo: inaugurado en 1858.
- Ramal Alcázar de San Juan-Ciudad Real: inaugurado en 1861.
- Ramal Albacete-Cartagena: inaugurado en 1865.

En 1895, por medio de una concesión, construirá la línea Valladolid a Ariza por Aranda del Duero.

LENTISCO FLORES, DAVID: “*Cuando el hierro se hace camino. Historia del Ferrocarril en España*” Alianza Editorial, S.A. Madrid, 2005.

adquisición a pequeñas compañías de las líneas que éstas tenían concedidas<sup>66</sup>, lo que provocará el control ferroviario de MZA en la zona sur y levante de la Península.

Tan sólo dos años después, el 29 de diciembre de 1858, se funda la segunda gran compañía y principal competidora de la anterior, la “Compañía de los Caminos de Hierro del Norte de España” patrocinada por el Crédito Inmobiliario de los hermanos franceses Jacob Emile e Isaac Peréire. Su principal objetivo era la construcción de la línea Madrid a Hendaya para poder así unir el ferrocarril español con las líneas francesas, y al mismo tiempo servir de línea de comunicación interior entre las ciudades españolas<sup>67</sup>. La línea, con un total aproximado de 700 kilómetros, se inauguró en 1864. A lo largo del siglo XIX continuará su expansión bien a partir de la construcción de las concesiones otorgadas bien a partir de la adquisición de pequeñas compañías<sup>68</sup>, que hará

---

<sup>66</sup> Durante el periodo 1875-1895, las líneas adquiridas por MZA son las siguientes:

- Córdoba a Sevilla.
- Sevilla a Huelva.
- Ciudad Real a Badajoz.
- Ciudad Real a Madrid.
- Mérida a Sevilla.
- Aranjuez a Cuenca.

En 1880 compra la línea que une Madrid con Badajoz.

En 1898 adquiere la compañía “Tarragona-Barcelona-Francia” (TBF) con sus respectivas líneas.

LENTISCO FLORES, DAVID: “*Cuando el hierro se hace camino. Historia del Ferrocarril en España*” Alianza Editorial, S.A. Madrid, 2005.

<sup>67</sup> La línea, por el hecho de intentar establecer la comunicación interior entre ciudades, contaba con una longitud mayor a la necesaria. Su itinerario transcurría por Ávila-Medina del Campo-Valladolid-Burgos-Miranda del Ebro-Vitoria-San Sebastián. LENTISCO FLORES, DAVID: “*Cuando el hierro se hace camino. Historia del Ferrocarril en España*” Alianza Editorial, S.A. Madrid, 2005.

<sup>68</sup> Por orden cronológico se detallan las adquisiciones y concesiones de la Compañía del Norte:

- 1874\_Alar del Rey a Santander: adquisición.
- 1874\_Bárcena a Reinosa: adquisición y finalización del tramo.
- 1874\_Tudela a Bilbao por Miranda del Ebro: adquisición.
- 1878\_Alsasua a Barcelona: adquirido a la “Compañía Pamplona-Zaragoza y Barcelona”. Adquiere toda la compañía.
- 1884\_Medina a Segovia: adquisición.
- 1884\_Segovia a Villalba: concesión.

que junto a MZA se convierta en una de las mayores empresas del país. El área de control en el que mantiene la hegemonía es el norte peninsular.

En los años centrales del siglo XIX y en otras zonas de España que quedaron al margen de la presencia de Norte y MZA, también se dio una incipiente actividad ferroviaria como fue el caso de Cataluña, Andalucía y el Noroeste<sup>69</sup>.

- 
- 1885\_adquiere la “Compañía de los caminos de hierro de Asturias, Galicia y León” con todas sus líneas.
  - 1885\_Lérida a Tarragona: adquirida a “Compañía de Ferrocarril de Lérida a Reus y Tarragona”.
  - 1886\_Villalba a San Juan: adquisición.
  - 1887\_San Juan de las Abadesas a Selgua: adquisición.
  - 1889\_Segua a Barbastro: adquisición.
  - 1890\_Soto del Rey a Ciaño: adquisición.
  - 1891\_Almansa a Tarragona: adquirida a la “Sociedad de Ferrocarriles de Almansa a Valencia y Tarragona”.
  - 1892\_Adquisición de la “Compañía de Ferrocarril del Este de España”: Valencia a Utiel.
  - 1893\_Huesca a Canfranc: adquirido a “S.A. Aragonesa”. Finalizado en 1929.

LENTISCO FLORES, DAVID: *“Cuando el hierro se hace camino. Historia del Ferrocarril en España”* Alianza Editorial, S.A. Madrid, 2005.

<sup>69</sup> En el caso de Cataluña los primeros años no se caracterizaron por la construcción de trazados ferroviarios de gran extensión en número de kilómetros, sino por la capacidad de su red para atender a sus necesidades industriales. La primera gran línea construida fue la que unía Barcelona y Zaragoza por Manresa-Calaf-Lérida, ejecutada por la “Compañía de Barcelona a Zaragoza”. Posteriormente esta Compañía se fusionará con la “Compañía Pamplona a Zaragoza” creando la “Compañía Pamplona-Zaragoza y Barcelona”, que acabará siendo absorbida en 1878 por la Compañía del Norte.

En Andalucía se construyeron trazados que configuraban una pequeña red regional. Entre sus líneas estaban las que unían Sevilla y Córdoba; Sevilla-Jerez-Cádiz; Córdoba a Málaga por los Gaitanes, inaugurada en 1865.

En 1862 se funda la “Compañía de Ferrocarriles del Noroeste de España” para sacar del aislamiento ferroviario a esta zona del territorio español. Formaron parte de la misma ingenieros de la talla de Gabriel Rodríguez o Eduardo Saavedra. La línea construida unía Palencia con Astorga pasando por León. Desde la capital leonesa un ramal debería cruzar la cordillera Cantábrica en dirección a Pola de Lena y el otro, partiendo de la estación astorgana, continuar en dirección a Ponferrada y buscar los cauces de los ríos Miño y Sil. Tras su quiebra en 1880 se funda la compañía “Ferrocarriles de Asturias, Galicia y León” que será absorbida en 1883 por la Compañía del Norte. LENTISCO FLORES, DAVID: *“Cuando el hierro se hace camino. Historia del Ferrocarril en España”* Alianza Editorial, S.A. Madrid, 2005.

El segundo periodo en cuanto a la fundación y ampliación de las grandes compañías que construirán la red de ferrocarriles, surge en el contexto de la nueva ley de 1877. En 1875 nace la compañía de concentración catalana T-B-F<sup>70</sup>, en 1877 la compañía de los “Ferrocarriles Andaluces”<sup>71</sup> y en 1880 la del “Ferrocarril de Madrid a Cáceres y Portugal”<sup>72</sup>. Se produce además la ampliación de las grandes compañías, MZA y Norte que absorben a aquellas que explotan pequeñas líneas y que no han superado un periodo

---

<sup>70</sup> En 1875 se creó la compañía del “Ferrocarril de Tarragona-Barcelona-Francia” (TBF) procedente de la fusión de las líneas de Barcelona-Gerona-Port Bou con Tarragona-Martorell-Barcelona. En 1878 inaugura la conexión internacional con Francia a través del túnel de Port Bou, que se convirtió en el segundo paso fronterizo abierto tras el de Irún. Esta compañía será adquirida por MZA en 1898. LENTISCO FLORES, DAVID: “*Cuando el hierro se hace camino. Historia del Ferrocarril en España*” Alianza Editorial, S.A. Madrid, 2005.

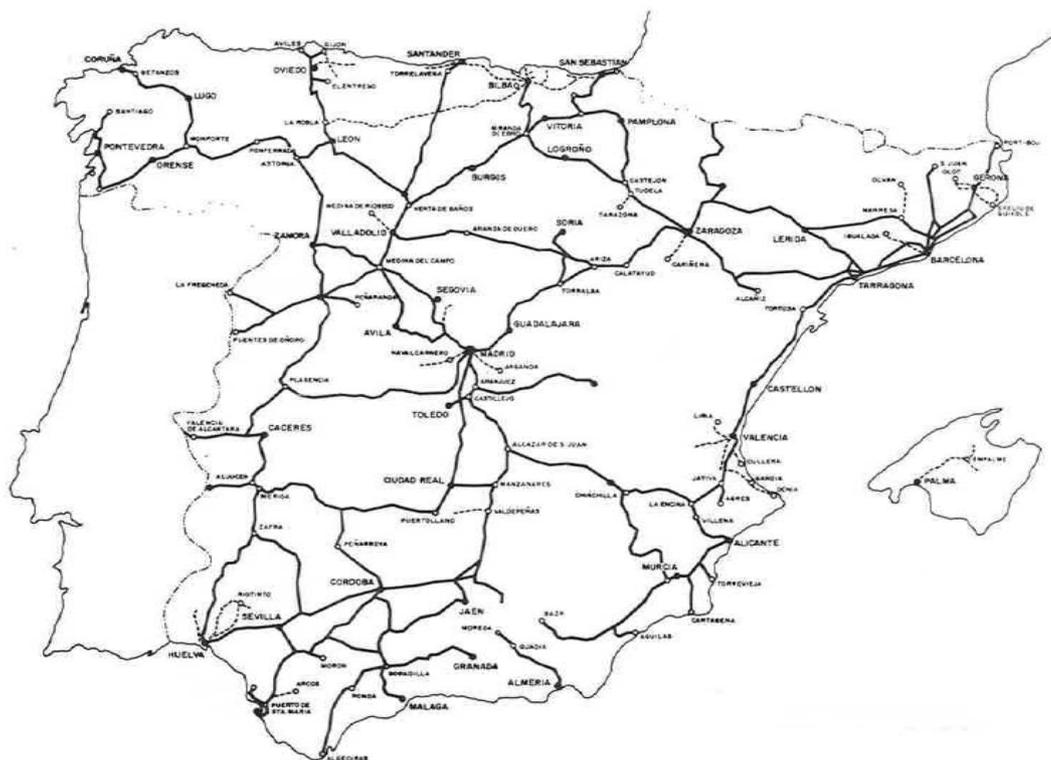
<sup>71</sup> La “Compañía de los Ferrocarriles Andaluces” surge como una unión de las empresas de Jorge Loring y Joaquín de la Gándara, el 30 de mayo de 1877. Esta compañía se enfrentará continuamente con MZA por el control de la mitad meridional de la Península. Las líneas que la integran son:

- Córdoba-Málaga.
- Granada-Málaga.
- Sevilla-Jerez-Cádiz.
- Utrera-Morón-Osuna.
- Osuna-La Roda.
- Jerez-Sanlúcar-Bonanza.
- Marchena-Écija.
- Campillos-Granada.
- Córdoba-Bélmez.
- Puente Genil-Córdoba.
- Écija-Córdoba.
- Alicante-Murcia.
- Bobadilla-Algeciras.

LENTISCO FLORES, DAVID: “*Cuando el hierro se hace camino. Historia del Ferrocarril en España*” Alianza Editorial, S.A. Madrid, 2005.

<sup>72</sup> En 1880 se funda esta compañía como fusión de “Ferrocarriles del Tajo” con “Ferrocarriles de Cáceres a Malpartida y frontera portuguesa”. Las líneas que integra son las que unen Madrid con Malpartida de Plasencia y Cáceres-Malpartida y frontera portuguesa. En 1896 construyen la línea entre Plasencia y Astorga. LENTISCO FLORES, DAVID: “*Cuando el hierro se hace camino. Historia del Ferrocarril en España*” Alianza Editorial, S.A. Madrid, 2005.

económico adverso<sup>73</sup>. En la década de 1880 se establece la comunicación final de las dos grandes regiones que aún continuaban aisladas, Galicia y Asturias.



Plano de ferrocarriles en 1897<sup>74</sup>.

A finales del siglo XIX la hegemonía de las dos grandes compañías, MZA y Norte, provocó una auténtica guerra encubierta por el control de una mayor extensión del territorio. Esto fue determinante a la hora de adquirir nuevas empresas de menor entidad. La lucha se hizo patente por el control de TBF, que finalmente adquirió MZA<sup>75</sup>.

<sup>73</sup> Véanse notas 66 y 68.

<sup>74</sup> URIOL SALCEDO, JOSE I: “*Historia de los caminos de España*” Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Colección de Ciencias, Humanidades e Ingeniería, nº 41. Madrid 1992.

<sup>75</sup> Con la adquisición por la Compañía del Norte de la línea Alsasua-Valencia y Tarragona se producía la entrada de esta compañía en la zona de influencia de MZA. Sus planes de expansión pasaban por la adquisición de la línea Tarragona-Barcelona-Francia, para controlar así la línea levantina y las dos salidas ferroviarias internacionales del país. Pero a estos planes se le adelantó la Compañía MZA, que adquirió TBF en 1898, consiguiendo dominar así la otra salida a Francia. LENTISCO FLORES, DAVID: “*Cuando el hierro se hace camino. Historia del Ferrocarril en España*” Alianza Editorial, S.A. Madrid, 2005.

Como características técnicas utilizadas destacan las enumeradas a continuación. El ancho de vía de construcción, como se ha indicado anteriormente, fue el de los seis pies castellanos o dos varas, es decir 1,668 metros; las pendientes que se fijaron en 10 milésimas como máximo superaron esos valores; las curvas que en un principio debían ser, al menos, de 300 metros de radio, en la práctica se procuró que no bajaran de 500 metros; los puentes de los primeros ferrocarriles de madera, fueron pronto sustituidos por puentes de piedra, de ladrillo y de hierro, primero de fundición y luego de perfiles laminados<sup>76</sup>; los túneles fueron numerosísimos por las dificultades orográficas de los trazados<sup>77</sup>.

Las grandes compañías favorecieron el tráfico por carretera y marítimo, que pudiera incidir en su explotación. Al terminar el siglo XIX la red ferroviaria de vía normal estaba casi terminada, siendo sólo necesario para su extensión algunas prolongaciones y enlaces. En 1897 el ferrocarril llegaba a todas las capitales de provincia, salvo a Teruel, cuyo ferrocarril estaba en construcción y a Almería, a la que aún faltaba enlazar con Linares. Sin embargo se preveía la necesidad de ampliar generosamente los ferrocarriles secundarios o de vía estrecha<sup>78</sup>, que en general contaban con un ancho de vía estandarizado en el país de 1 metro.

---

<sup>76</sup> URIOL SALCEDO, JOSE I: *“Historia de los caminos de España”* Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Colección de Ciencias, Humanidades e Ingeniería, nº 41. Madrid 1992.

<sup>77</sup> Entre los pasos más legendarios que se abordaron para construir la red de finales del XIX destacan los siguientes: en la línea Madrid-Zaragoza, los pasos entre Baidés-Arcos y Clatayud-Ricla; en la línea Manzanares-Córdoba el mítico paso de Despeñaperros; entre Madrid e Irún la sierra del Guadarrama; entre Zaragoza y Barcelona en el tramo de Cervera a Tarrasa, la construcción del túnel de Argentera, que con 4.042 m era 1890 el más largo de España; en el tramo de Córdoba a Málaga el paso de los Gaitanes. GONZÁLEZ TASCÓN, IGNACIO: *“Ingeniería civil en España. Precedentes, historia y técnicas”*. Edición de Isabel Velázquez 2008.

<sup>78</sup> A finales del siglo XIX, las principales líneas de vía estrecha construidas eran las siguientes:

- Ferrocarril de Langreo: de 1,45 metros de ancho.
- Buitrón a San Juan del Puerto.
- Tarsis a Odiel.
- Carcagente a Gandía.
- Gandía a Denia.
- Palma de Mallorca a Inca.

El desarrollo del ferrocarril fue en España uno de los factores de mayor trascendencia para el despegue económico, ayudando a la integración interterritorial del país y estructurando un territorio invertebrado hasta entonces.

### 2.1.3 LAS CARRETERAS EN EL SIGLO XIX

El estado y evolución de las carreteras españolas durante el siglo XIX no se puede entender sin remontarnos a los inicios del gobierno de la dinastía borbónica. A su llegada al poder en el año 1700, las carreteras del país presentaban un estado lamentable. El tránsito por los caminos era en algunos lugares imposible hasta tal punto que las caballerías preferían ir “campo traviesa”. Los encargados de la conservación y mantenimiento de los mismos eran los gobiernos locales organizados en concejos, que en ningún momento vieron la necesidad de incrementar su longitud. Desde el Estado Central no se había realizado una planificación global que permitiera ejercer a las carreteras el papel de elemento vertebrador del territorio, lo que suponía que las malas comunicaciones tanto interiores como exteriores afectarían al comercio y por tanto supusieran un problema económico para el país. Fueron muchas las ocasiones en las que sólo la realización de un viaje real conseguía que se produjese el acondicionamiento de pasos y caminos prácticamente abandonados.

El nuevo orden establecido por los Borbones asimilaba un estado centralista a imitación del francés, cuya influencia se demuestra en la disposición radial de la red viaria desde la capital, Madrid. El impulso que se necesitaba para la construcción y mejora de los caminos del Estado fue, en un principio lento, pero constante. Felipe V fundó el Cuerpo

- 
- Silla a Cullera.
  - Reus a Salu.
  - Oviedo a Infiesto.
  - Durando a Zumárraga.
  - Amorebieta a Guernica.
  - Cariñena a Zaragoza.
  - La Robla a Balmaceda.

URIOL SALCEDO, JOSE I: “*Historia de los caminos de España*” Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Colección de Ciencias, Humanidades e Ingeniería, nº 41. Madrid 1992.

de Ingenieros Militares en 1711 y la Real y Militar Academia de Matemáticas de Barcelona en 1720 para hacer frente a las reformas necesarias<sup>79</sup>. Con Fernando VI, aunque la construcción fue escasa<sup>80</sup>, se sentaron las bases legislativas y técnicas<sup>81</sup> para la ejecución de las obras necesarias y se definió la red radial que partiendo de Madrid, se dirigía a seis puntos peninsulares: A Coruña, Badajoz, Cádiz, Alicante, Francia por Bayona y Francia por Perpiñán que ha perdurado hasta hoy como la red básica de carreteras. A partir de este momento el Estado asumió la construcción y financiación de las carreteras estatales.

---

<sup>79</sup> Durante el reinado de Felipe V las únicas actuaciones en materia de carreteras se corresponden con las carreteras de Guadarrama y la de Reinos-Santander. GONZÁLEZ TASCÓN, IGNACIO: *“Ingeniería civil en España. Precedentes, historia y técnicas”*. Edición de Isabel Velázquez 2008 y URIOL SALCEDO, JOSE I: *“Historia de los caminos de España”*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Colección de Ciencias, Humanidades e Ingeniería, nº 41. Madrid 1992.

<sup>80</sup> Se hicieron 5 leguas de la carretera a Valencia, a partir de Aranjuez, además de 5 o 6 de la carretera de Andalucía y 7 de las de Barcelona y A Coruña. GONZÁLEZ TASCÓN, IGNACIO: *“Ingeniería civil en España. Precedentes, historia y técnicas”*. Edición de Isabel Velázquez 2008.

<sup>81</sup> El “Proyecto económico” de Bernardo Ward publicado en 1762, aunque finalizado dos años antes, establecía que para facilitar el comercio tanto interior como exterior resultaba imprescindible que el estado hiciese a su costa las obras generales públicas, como navegación de ríos, canales, caminos, etc. Significaba además que gran parte del atraso tanto en la industria como en la agricultura españolas era debido a la ausencia de buenas comunicaciones. La propuesta más conocida de Ward es la programación de las seis carreteras radiales básicas de la red española, aún hoy vigente. En el Real Decreto de 10 de junio 1761, expedido para hacer “Caminos rectos y sólidos en España”, se recogían las propuestas de Ward, aunque por motivos económicos sólo se programase inicialmente la ejecución de los caminos de Andalucía, Cataluña, Galicia y Valencia.

A este Real Decreto le seguiría el “Reglamento e Instrucción”, de 4 de diciembre de 1761, con la finalidad de fijar la organización y procedimientos. El Plan sería puesto en práctica por el Superintendente General de Caminos Esquilache, ministro de Carlos III.

WARD, BERNARDO: “Proyecto económico, en que se proponen varias providencias, dirigidas á promover los intereses de España, con los medios y fondos necesarios para su planificación” Viuda 1992 y Ibarra, hijos y compañía. Madrid, 1787; NÁRDIZ ORTIZ, CARLOS: *“Las primeras carreteras modernas. El trazado y la construcción de los Caminos Reales en el siglo XVIII”*. Actas del Primer Congreso de Historia de la Construcción. Madrid 19-21 de septiembre de 1996. Edición de A. de las Casas, S. Huerta, E. Rabasa, Madrid. I. Juan de Herrera, CEHOPU, 1996 y URIOL SALCEDO, JOSE I: *“Historia de los caminos de España”*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Colección de Ciencias, Humanidades e Ingeniería, nº 41. Madrid.

En el periodo que abarca desde la aprobación del Reglamento en 1761 hasta 1779, los resultados del Plan Ward no fueron los esperados. Se pavimentaron 400 kilómetros aproximadamente, distribuidos entre cinco de las carreteras radiales (con excepción de la de Extremadura) y algunas otras entre provincias<sup>82</sup>. El gran impulso que necesitaban los caminos españoles vino de la mano del José Moñino, conde de Floridablanca, que durante el reinado de Carlos III estuvo al frente de la Superintendencia General de Caminos y Posadas. Ocupó el cargo entre 1778 y 1792 y consiguió agilizar la construcción de las carreteras (72 kilómetros de media anual), aunque con un costo muy elevado y empleando técnicas anticuadas para la época<sup>83</sup>. Estos “caminos reales” construidos durante la Ilustración, eran monumentales, pero resultaban muy costosos por su excesiva anchura, a imitación del modelo francés, y su sección resultaba inadecuada para su correcto funcionamiento, lo que producía unos enormes costes de

---

<sup>82</sup> URIOL SALCEDO, JOSE I: “*Historia de los caminos de España*”. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Colección de Ciencias, Humanidades e Ingeniería, nº 41. Madrid 1992.

<sup>83</sup> Son destacables durante este período la construcción de los siguientes caminos:

- Camino a Galicia (Madrid a A Coruña por Torrelodones, Medina, Astorga y Betanzos): relevante por su gran dificultad, comunicaba a Galicia con la Meseta. El gran impulsor de la misma fue el gran ingeniero Carlos Leamur.
- El paso del puerto de Guadarrama: importante vía de comunicación entre Madrid y Segovia, aprovechaba una parte del camino de Madrid a El Escorial, y discurría por el puerto del León, que había sustituido al paso por el puerto de La Tablada. El ingeniero militar responsable fue Francisco Nangle.
- El nuevo camino Real de Madrid a Valencia por Almansa: se proyecta este nuevo camino que desde Madrid discurre hasta Aranjuez en sustitución del camino que transcurría por Tarancón y Requena. Desde allí por Ocaña, Villatobas, el Corral de Almaguer, Quintanar de la Orden, Mota del Cuervo, Chinchilla y una vez salvado el puerto de Almansa, descendía suavemente hasta Valencia.
- El camino de Andalucía (Madrid a Cádiz por Toledo, Ciudad Real, Córdoba y Sevilla): se abrió un nuevo paso por Sierra Morena, abandonando el paso por el tortuoso y largísimo puerto del Rey. La nueva traza de esta obra monumental, que discurre por el desfiladero de Despeñaperros, se debe a Joaquín de Iturbide y Carlos Lemaur.
- Madrid a Bayona por Burgos, Vitoria y San Sebastián.
- Madrid a Barcelona por Guadalajara, Calatayud, Zaragoza y Lérida.

GONZÁLEZ TASCÓN, IGNACIO: “*Ingeniería civil en España. Precedentes, historia y técnicas*”. Edición de Isabel Velázquez 2008.

mantenimiento, reparación y en algunos casos la intransitabilidad<sup>84</sup>, y así lo reflejaba Betancourt en 1803: *“En efecto, la mayor parte de los caminos que se tiene por concluidos, están en el día intransitables. En algunos, aunque en su principio se construyeron con bastante solidez, se ha gastado enteramente su firme por la poca inteligencia con que se ha procurado su conservación, en otros por haberse construido demasiado á la ligera, por aparentar que con poco dinero se hacia mucho camino, no se hizo más que arañar la primera costra de tierra y echar una escasa capa de grava, lo que ha resultado que á media docena de años no ha quedado ni forma de camino”*<sup>85</sup>

Esta intensa labor en la construcción a finales del XVIII supuso la realización de un total de 1700 kilómetros de carreteras radiales pavimentadas (aproximadamente la mitad de todos los correspondientes a la red radial) y 300 kilómetros de la red transversal igualmente pavimentadas. Esta construcción obligó a la realización de más de 700 puentes y 6000 alcantarillas lo que significaba haber realizado en algo menos de un siglo, un esfuerzo muy considerable. Tal y como refleja Uriol Salcedo, *“puede afirmarse, por tanto, que a principios del siglo XIX se había hecho realidad la integración vial del reino. Las cordilleras y los ríos no serían, desde entonces, obstáculos para el paso de coches y carros por la geografía española de norte a sur o*

---

<sup>84</sup> La sección tipo empleada constaba de muros o muretes laterales, bordeados por fosos incluso en terreno llano, que limitaban el camino. La tierra extraída de los fosos, al rellenar el espacio entre ambos muros, servía de pavimento allí donde el terreno poseía una buena consistencia. En donde no era así, el espacio entre los muros se rellenaba con piedras en sucesivas capas que disminuían de tamaño a medida que se aproximaban a la superficie. En el paso por zonas habitadas, el camino se debía empedrar con gran firmeza y las aguas se dirigían por el medio de la calle. Con frecuencia los caminos se situaban sobre terrenos inundables, por lo que una de las mayores preocupaciones era salvar esta dificultad. Por ello, en los tratados de la época se proponía la ejecución de pilotes bajo la calzada. NÁRDIZ ORTIZ, CARLOS: *“Las primeras carreteras modernas. El trazado y la construcción de los Caminos Reales en el siglo XVIII”*. Actas del Primer Congreso de Historia de la Construcción. Madrid 19-21 de septiembre de 1996. Edición de A. de las Casas, S. Huerta, E. Rabasa, Madrid. I. Juan de Herrera, CEHOPU, 1996 y GONZÁLEZ TASCÓN, IGNACIO: *“Ingeniería civil en España. Precedentes, historia y técnicas”*. Edición de Isabel Velázquez 2008.

<sup>85</sup> En la Revista de Obras Públicas: *“Noticia del estado actual de los Caminos y Canales de España, causas de sus atrasos y defectos, y medios de remediarlos; Dada al Excmo. Sr. D. Pedro Cevallos por D. Agustín de Betancourt: Año de 1803”*. Madrid, Año de 1869. Tomo I, nº 5, nº 6, nº 10 y nº 13.

*de este a oeste; los ingenieros habían realizado lo que los políticos habían soñado cien años antes, en tiempos de Felipe V”<sup>86</sup>.*

A principios del siglo XIX, con la irrupción en el panorama político y técnico de Agustín de Betancourt, la construcción de los caminos continuará a un ritmo creciente hasta la invasión francesa de 1808. Tras la publicación de Betancourt en 1803 de “*el estado actual de los caminos y canales de España, causa de sus atrasos y defectos y medios para remediarlos en adelante*”, el ritmo de construcción alcanzará una media anual de 278 kilómetros<sup>87</sup>. A partir de este momento la responsabilidad y la ejecución de la red viaria pasó a manos del recién creado cuerpo de Ingenieros de Caminos, en sustitución de los Ingenieros Militares y Arquitectos<sup>88</sup>.

La Guerra de la Independencia iniciada en 1808 supuso la paralización de la construcción de la necesaria red viaria y la vuelta al trono del absolutista Fernando VII en 1813 no modificó esta tendencia<sup>89</sup>. Las actuaciones realizadas durante su reinado se encaminaron principalmente a reparar los daños de la guerra, que eran cuantiosos en carreteras y sobre todo en sus elementos puntuales como son los puentes. En el último período de su reinado (1824-1833) se produjeron grandes inversiones para la ampliación

---

<sup>86</sup> En “*Historia de los caminos de España*”. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Colección de Ciencias, Humanidades e Ingeniería nº 41. Madrid 1992.

<sup>87</sup> URIOL SALCEDO, JOSE I: “*Historia de los caminos de España*”. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Colección de Ciencias, Humanidades e Ingeniería, nº 41. Madrid 1992.

<sup>88</sup> En la citada memoria de Betancourt, se muestra especialmente crítico con la actuación y participación de los arquitectos en la construcción de la red viaria. Acusaba a la Academia de Bellas Artes de San Fernando de formar arquitectos “*copiando unas cuantas columnas y agregándose a la casa de alguno de la profesión..., y con esta educación y estos principios es examinado por otros que tienen los mismos, queda aprobado y se le da patente para cometer cuantos desaciertos se le ocurran en edificios, puentes, caminos y canales*”. En el artículo de la Revista de Obras Públicas: “*Noticia del estado actual de los Caminos y Canales de España, causas de sus atrasos y defectos, y medios de remediarlos; Dada al Excmo. Sr. D. Pedro Cevallos por D. Agustín de Betancourt: Año de 1803*”. Madrid, Año de 1869. Tomo I, nº 5, nº 6, nº10 y nº 13.

<sup>89</sup> Tal y como se indicó anteriormente al referir la historia de la Escuela de Caminos, en los inicios del reinado de Fernando VII se suprimió la Inspección General de Caminos y la escuela aneja a ella, integrando los servicios de caminos en la dirección general de correos y postas. Sin embargo al frente de las obras siguieron los ingenieros y alumnos de la escuela, lo que supuso un acierto para evitar cometer los mismos errores que en épocas anteriores

de la red, que aunque contaba con 5000 km en 1830 (escasos en comparación con la red francesa que en esa misma época tiene 30.000 km de red)<sup>90</sup> fueron construidos con una alta calidad para la red la principal<sup>91</sup>. Frente a la falta de criterios de ejecución presentes

<sup>90</sup> Datos extraídos de URIOL SALCEDO, JOSE I: *“Historia de los caminos de España”*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Colección de Ciencias, Humanidades e Ingeniería, nº 41. Madrid 1992 y de ALZOLA Y MINONDO, PABLO: *“Historia de las Obras Públicas en España”*. Colección de Ciencias, Humanidades e Ingeniería. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. 3ª Edición. Madrid, 2001.

<sup>91</sup> De la época de estudio existen dos publicaciones que describen con claridad la situación de las carreteras. En general son guías de viajeros que se encargan de describir el estado de las obras públicas y de las carreteras del país, junto con la presentación de aspectos sociales o culturales de cada zona. De entre ellas destacan la *“Guía General de Correos, Postas y Caminos”* de F.J. Cabanes publicada en 1830 y las obras de Richard Ford: *“A handbook for travellers in Spain”*; *“Manual para viajeros por...”* las distintas zonas de España: Andalucía, Castilla, Cataluña, Reino de Aragón, León, reinos de Valencia y Murcia y por Galicia y Asturias; y *“Gatherings from Spain”* (traducido con el título de *“Cosas de España”*) de R. Ford, publicada en 1846 pero referida a la época 1830-1833. De ésta última publicación, que según Uriol Salcedo *“constituye la fuente extranjera más extensa y objetiva, quizás, de la España del primer tercio del siglo XIX”* es destacable su descripción detallada de las carreteras y caminos españoles: *“La comunicación interior de la Península, dividida por cordilleras, se lleva a efecto por carreteras bastante buenas, pero pocas y distantes unas de otras. Están constituidas salvando los accidentes demasiado penosos del terreno, procurando que vayan por los sitios en que el declive es menor y las pendientes menos rápidas. Estos pasos entre montañas se llaman puertos. Hay sendas y veredas que unen entre sí varios puntos de cordillera; pero suelen ser difíciles y peligrosos, y como en ellos no hay ventas, ni cruzan por pueblos, resultan más propios para contrabandistas y bandidos que para ciudadanos pacíficos, siendo por lo tanto, el mejor camino y el más corto la carretera.*

*Volviendo a los caminos peninsulares, diremos que las líneas principales están muy bien trazadas. Estas arterias geográficas que forman la red de comunicaciones del país, arrancan por lo común de Madrid, que es el centro del sistema. El espíritu ingeniero de Luis XIV fue heredado por sus descendientes españoles, y durante los reinados de Carlos III y de Carlos IV se establecieron muchas comunicaciones entre la capital y las principales ciudades. Estos arrecifes y caminos reales fueron planteados casi con excesivo lujo en cuanto a anchura, sostenes y, en general, en toda la ejecución. La carretera de La Coruña, especialmente después de León, puede compararse con cualquiera de Europa...Ésta y algunas otras se construyeron hace cincuenta o setenta años, y muchas siguiendo el sistema de Mac-Adam, el cual ha conseguido que los caminos de Inglaterra sean completamente otra cosa de lo que habían sido antes de adoptarse tal sistema. La guerra de la península tendió a estropear las carreteras españolas, pues se destruyeron puentes y otras obras de fábrica por conveniencias militares. El estado lastimoso de la Hacienda y las revueltas constantes han demorado las reparaciones costosas; sin embargo, las de primer orden están tan bien construidas como al principio, y a despecho de las injurias de la guerra, las rodadas y el abandono, pueden considerarse tan buenas como muchas del continente y son mucho más*

en las actuaciones del siglo anterior, donde las características técnicas quedaban al arbitrio del Director de Obra, los Ingenieros de Caminos actuaron ateniéndose a pautas racionalizadoras. En cuanto al estado de las comunicaciones interiores a las que pertenecían las redes secundarias, en 1833 siguen siendo deficientes y sólo realizables a través de viejos caminos intransitables en demasiadas ocasiones<sup>92</sup>.

Durante el reinado de Isabel II (1833-1868), salvando los primeros años en los que el país estaba inmerso en la primera Guerra Carlista (1834-1840), es cuando la construcción de carreteras vuelve a adquirir protagonismo en el panorama político, social y tecnológico. Se regulariza la financiación de las obras públicas y se inicia el proceso legislador y normativo en materia de obras públicas<sup>93</sup>, y en particular en lo relativo a las carreteras. Así en 1842 se promulgaron las ordenanzas de policía y conservación de carreteras y el 28 de abril de 1846 la norma de obligado cumplimiento en la redacción de proyectos, que establecía cuatro categorías de vías, divididas en orden de importancia decrecientes en: nacionales; provinciales; municipales o vecinales

---

*agradables para el viajero por no tener empedrado”* citado en URIOL SALCEDO, JOSE I: “*Historia de los caminos de España*”. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Colección de Ciencias, Humanidades e Ingeniería, nº 41. Madrid 1992.

<sup>92</sup> Según R. Ford en su obra mencionada: “*Las carreteras reales comienzan en Madrid y van hasta las ciudades fronterizas y los puertos. La capital puede compararse con una gran araña, pues es el centro de la red de la Península. Estas líneas divergentes en forma de abanico bastan para los que sólo tratan de ir a un punto determinado; pero la comunicación interior entre unos sitios y otros no existe en modo alguno. Los demás caminos de España son malos, pero no mucho más que en otras partes del continente, y pueden utilizarse de modo tolerable con tiempo seco. De ellos, unos son practicables para carruajes y otros son únicamente caminos de herradura, por los cuales no hay que pensar en pasar sino a caballo o a pie; cuando estas veredas son demasiado malas se las compara a las sendas de las perdices. Los atajos son rara vez tolerables; lo mejor es procurar ir siempre por la carretera pues como solemos decir en Inglaterra, el camino más largo es el que mejor nos conduce a casa, y según reza el refrán español: no hay atajo sin trabajo”* citado en URIOL SALCEDO, JOSE I: “*Historia de los caminos de España*”. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Colección de Ciencias, Humanidades e Ingeniería, nº 41. Madrid 1992.

<sup>93</sup> En 1843 se distribuye el territorio nacional en 10 distritos a efectos de las obras públicas, poniendo al frente de cada uno de ellos a un Ingeniero de Caminos como jefe. En 1845 se redacta la instrucción para la ejecución de las obras públicas. URIOL SALCEDO, JOSE I: “*Historia de los caminos de España*”. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Colección de Ciencias, Humanidades e Ingeniería, nº 41. Madrid 1992.

de primer orden; vecinales de segundo orden. Todas ellas constituidas por un firme superficial empedrado, que es el que soporta el tráfico rodado, y dos paseos laterales, de uso peatonal, que son una simple explanación del terreno natural. Transversalmente los firmes tenían un perfil alomado para facilitar la evacuación del agua, mientras que los paseos, que estaban sin empedrar eran horizontales. A ambos lados de éstos se disponían las cunetas para evacuar las aguas de lluvia. Las técnicas de construcción de las carreteras comienzan a adoptar el método desarrollado por Mac Adam en Inglaterra, basado en la disposición de un excelente drenaje que evitase el encharcamiento del terreno natural a través de zanjas o cunetas laterales, y en la construcción de un firme constituido exclusivamente por varias capas de piedra partida a tamaño homogéneo extendidas sobre el terreno natural<sup>94</sup>. Se conseguía de este modo minimizar los costes de construcción e incrementar la vida útil de las carreteras.

En 1849 se aprobó la ley para la construcción y mejora de los caminos vecinales y el 7 de mayo de 1851 la ley de clasificación de carreteras, que establecía cuatro clases: generales, transversales, provinciales y locales<sup>95</sup>. También en la normativa de la época se marcaban los criterios que se debían seguir en materia de trazado y perfil de las nuevas carreteras, tal y como se extrae del *Boletín de Caminos, Canales y Puertos* de 30 de abril de 1843: *”Sabido es también que cuando se trata de abrir una comunicación cualquiera, se deben tener presentes como condiciones indispensables a que ha de satisfacer su primitiva dirección:*

1. *Acercarse cuanto sea posible al camino más corto.*
2. *Comprender en su dirección el mayor número de pueblos.*

---

<sup>94</sup> GONZÁLEZ TASCÓN, IGNACIO: *“Ingeniería civil en España. Precedentes, historia y técnicas”*. Edición de Isabel Velázquez 2008.

<sup>95</sup> Las carreteras generales eran las que partiendo de Madrid se dirigían a capitales de provincia, departamentos marítimos o aduanas con tráfico mercantil importante y su financiación correspondía por entero al estado; las transversales eran las que enlazaban carreteras generales pasando por alguna o algunas capitales de provincia o poblaciones importantes y su financiación correspondía en parte al estado y en parte a las provincias si bien la conservación corría a cargo del estado; las carreteras provinciales corrían a cargo de las provincias aún cuando podían obtener subvenciones del estado y, por último, los caminos locales eran de competencia municipal. URIOL SALCEDO, JOSE I: *“Historia de los caminos de España”*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Colección de Ciencias, Humanidades e Ingeniería, nº 41. Madrid 1992.

3. *Que el trazado ofrezca las mayores ventajas para el acarreo en ruedas respecto del que se haga a lomo.*
4. *Procurar en su ejecución la mayor economía*<sup>96</sup>.

En el período que abarca de 1833 hasta 1855, la red de carreteras aumentó a un ritmo de 171 kilómetros al año, con construcciones complicadas que salvaban grandes dificultades, sobre todo orográficas. Una de las obras de mayor dificultad fue el paso de las cuestas de Contreras, en la carretera de Madrid a Valencia por las Cabrillas. Se realizó en torno a 1850 bajo la dirección de Lucio del Valle. En la “*Memoria de sobre el estado de las Obras Públicas*” realizado en 1856 por el entonces director general de obras públicas Cipriano Segundo Montesinos, la red principal española descrita contaba ya con una cierta entidad y estaba prácticamente finalizada, exceptuando zonas como el sudeste, la Mancha, Extremadura y el bajo y alto Aragón<sup>97</sup>.

En 1855 tras la ley de desamortización civil y eclesiástica, la construcción de la obra pública se disparó, afectando positivamente a la construcción de carreteras y ferrocarriles por la existencia de esta nueva fuente de financiación. La ley de carreteras de 1851 es sustituida por otra el 22 de julio de 1857, en la que por primera vez se contemplaban conjuntamente las carreteras y los ferrocarriles<sup>98</sup>. En 1860 se aprueba el primer plan de carreteras de España, que sería reformado en 1864, y que preveía la construcción de hasta cerca de 37.000 kilómetros. Además en él se establecía la titularidad estatal de las carreteras nacionales y provinciales. Al finalizar el reinado de

---

<sup>96</sup> Citado en URIOL SALCEDO, JOSE I: “*Historia de los caminos de España*”. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Colección de Ciencias, Humanidades e Ingeniería, nº 41. Madrid 1992.

<sup>97</sup> En “*Historia de los caminos de España*” de Uriol Salcedo (Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Colección de Ciencias, Humanidades e Ingeniería, nº 41. Madrid 1992), se presenta una relación detallada del estado de cada una de las carreteras en 1856, tomado de la *Memoria* de Montesinos.

<sup>98</sup> Las carreteras se clasificaban a partir de este momento en carreteras de 1º, 2º y 3º orden. Las de 1º orden además de las llamadas generales en la ley anterior, comprenden los ramales que partiendo de una estación de ferrocarril condujeran a capitales de provincia, departamentos marítimos o aduanas de tráfico importante; de 2º orden, además de las que comunicaban dos o más capitales de provincia, las que unían un ferrocarril con una carretera de primer orden y las que daban servicio a cabezas de partido o poblaciones mayores de 10000 habitantes; y de 3º orden las restantes. URIOL SALCEDO, JOSE I: “*Historia de los caminos de España*”. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Colección de Ciencias, Humanidades e Ingeniería, nº 41. Madrid 1992.

Isabel II tras la revolución del 18 de septiembre 1868 la red de carreteras alcanzaba los 17.500 kilómetros aproximadamente, entre las carreteras de 1º, 2º y 3º orden<sup>99</sup>.

Ante el nuevo orden reinante en 1868, tanto la construcción de carreteras como sus referencias legislativas, se verán notablemente afectadas. Al frente del Ministerio de fomento se sitúa Ruiz Zorrilla, que el 14 de noviembre de 1868 estableció las bases generales para la nueva legislación de obras públicas, que se mantendría durante todo el sexenio revolucionario (1868-1874). La orden ministerial del 7 de abril de 1870 transpone esos principios a la red de carreteras del Estado. El director general por aquel entonces era Echegaray, inspirador de esta ley radical. Entre los principios más novedosos se encuentran la posibilidad de construir obra pública por titulares privados, estableciendo concesiones a perpetuidad. Lo más reseñable en cuanto a carreteras es la entrega de la propiedad de las de titularidad estatal a las Diputaciones provinciales, Ayuntamientos y particulares que lo soliciten, basando esta decisión en el principio de que el gobierno entiende que donde hay un ferrocarril sobra la carretera del estado<sup>100</sup>. Supone así una preferencia del ferrocarril frente a la carretera. La orden fue un rotundo fracaso, principalmente por el abandono al que se vieron abocadas carreteras que se entregaron en un perfecto estado de conservación, aunque también por haberse demostrado que el ferrocarril no debe funcionar como vía sustitutiva de una carretera. Así, tras varios años de implementación, las críticas del Cuerpo de Ingenieros al nuevo sistema de administración de las carreteras no se hicieron esperar a través de su órgano de difusión, la Revista de Obras Públicas, que en el artículo titulado “*Las carreteras abandonadas*” aparecido en el número 13 de 1873, expresaba: “*tal es el triste cuadro de las carreteras que hace tres años se encontraban en buen estado de vialidad, y*

---

<sup>99</sup> URIOL SALCEDO, JOSE I: “*Historia de los caminos de España*”. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Colección de Ciencias, Humanidades e Ingeniería, nº 41. Madrid 1992

<sup>100</sup> La primera orden que especifica este traspaso es del 7 de abril de 1870, que cede 2599 kilómetros de carreteras de la red estatal. Es firmada por Echegaray como Ministro de Fomento y dirigida a Saavedra, director general de obras públicas. En ella se ordena el cese de las labores de conservación en las carreteras traspasadas, así como los contratos de obra nueva o en ejecución de las mismas. De los 2599 kilómetros, 1765 se correspondían con carreteras de primer orden, 728 kilómetros a carreteras de segundo orden y 106 kilómetros a las de tercer orden. URIOL SALCEDO, JOSE I: “*Historia de los caminos de España*”. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Colección de Ciencias, Humanidades e Ingeniería, nº 41. Madrid 1992.

*algunas en perfecta conservación; estas vías abandonadas por el Gobierno, a pesar del establecimiento de los caminos de hierro, conservan un tráfico propio, independiente del que aquellos sirven; y en algunas secciones ese movimiento es de mucha consideración; además los trozos de que se desprendió el Gobierno, forman parte de líneas generales que continúan a cargo del Estado, verificándose el acarreo en buenas condiciones en los trayectos que conserva la Dirección General de Obras Públicas, lo cual no puede tener lugar por muchos trozos abandonados; y como además se presentan desgraciadamente ocasiones en las cuales por las interrupciones del servicio de las líneas férreas las carreteras que les son paralelas han de satisfacer a todas las necesidades del tráfico, del estado actual de las líneas abandonadas resultan perjuicios inmensos para los intereses públicos...Reconózcase lealmente los tristes resultados producidos por este ensayo; acéptense las lecciones de la experiencia, y declárese que lo único posible hoy es que las carreteras que se abandonaron el 15 de mayo de 1870 vuelvan al Estado para que las conserve como las demás de su clase comprendidas en el plan general, lo cual por otra parte es un deber del gobierno mientras subsista la ley vigente de carreteras, y mientras se rinda inteligente tributo a los sanos principios de la Administración, aún los más avanzados, dentro de las escuelas de gobierno que confían al poder del Estado las obras publicas de verdadero interés general”<sup>101</sup>. Por todo ello la red de carreteras sufrió un retroceso notable en la época revolucionaria, principalmente al prevalecer la potenciación por parte del estado de los ferrocarriles.*

Con la restauración se establecen nuevas bases para las obras públicas. Se realizó un importante esfuerzo legislador para organizar las obras públicas estatales, cuya planificación vuelve a estar a cargo del Estado. En este clima se aprobó la ley de carreteras el 4 de mayo de 1877 y su reglamento el 10 de agosto. La ley clasificaba las carreteras de servicio público en cinco grupos según fueran costeadas por el estado, por las provincias, por los municipios, por los particulares o por fondos mixtos de unos y otros<sup>102</sup>. Además regulaba la recuperación de los tramos abandonados, si bien su

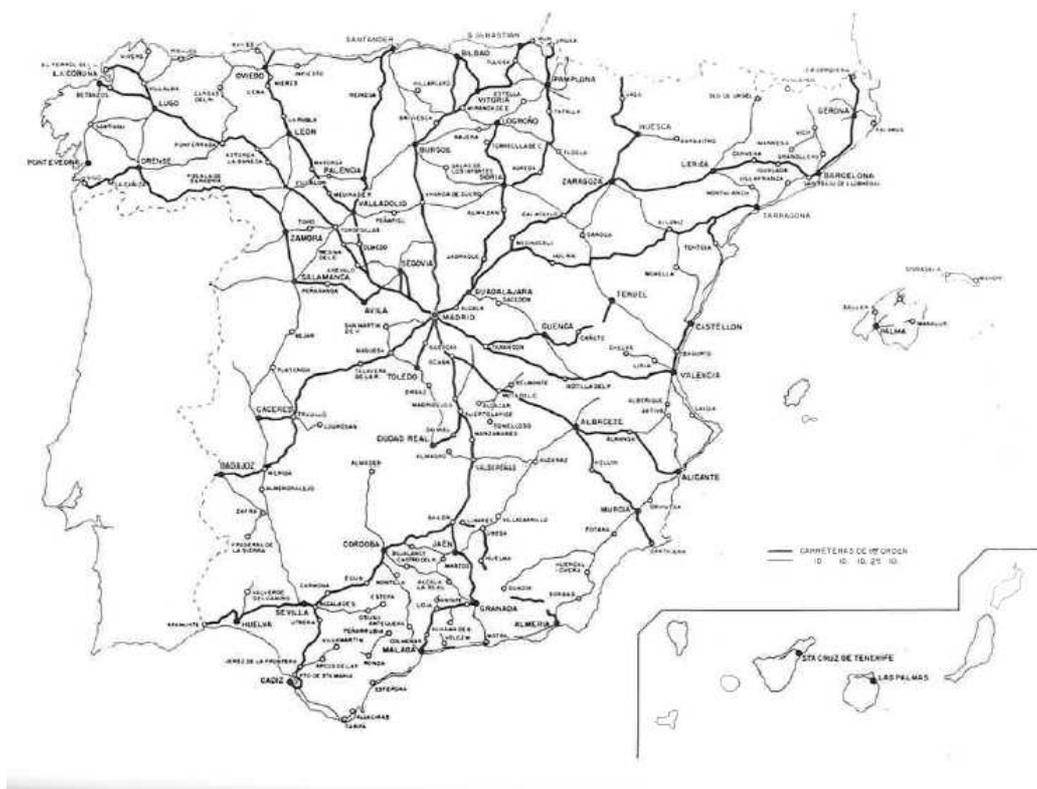
---

<sup>101</sup> “Las carreteras abandonadas”. Revista de Obras Públicas, Madrid, número 13,1873.

<sup>102</sup> Las del estado se dividían en carreteras de 1<sup>er</sup>, 2<sup>o</sup> y 3<sup>er</sup> orden. Se consideraban de 1<sup>er</sup> orden: las que desde Madrid se dirijan a las capitales de provincia y a los puntos más importantes del litoral y las fronteras; las que partiendo de algún ferrocarril o carretera de primer orden conduzcan a alguno de los puntos antes mencionados; las de enlace de dos o más ferrocarriles que pasen por un pueblo cuyo vecindario no bajase de 15.000 almas; las de unión de dos más carreteras de primer orden cuando

incautación se adecuaría a la disponibilidad presupuestaria. Finalmente, todas las cedidas durante el sexenio revolucionario volvieron a formar parte de la red de carreteras del Estado.

El 11 de junio de 1877 se aprobó el plan de carreteras, cuya construcción, reparación y conservación pertenecía al estado. En él se establecían además condicionantes técnicos de diseño, adaptados al paso de carros y carretas fundamentalmente, como la obligación de ejecutar firmes de macadam, cuidar que las pendientes se mantuvieran entre límites adecuados y radios de curvas que podían llegar a los 8 o 10 metros.



Estado de las carreteras en España en 1896<sup>103</sup>.

cruzaran alguna capital de provincia o centro de gran población o tráfico, siempre que su vecindario excediera de 20.000 almas. Se consideraban de 2º orden: las que unían dos capitales de provincia; las que enlazaban un ferrocarril con una carretera de primer orden; las que partiendo de una vía férrea o de una carretera de primer orden terminaban en un pueblo cabeza de partido judicial o que tuviera vecindario mayor de 10.000 lamas. Y de tercer orden: las restantes del estado no incluidas en las categorías anteriores. URIOL SALCEDO, JOSE I: “*Historia de los caminos de España*”.Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Colección de Ciencias, Humanidades e Ingeniería, nº 41. Madrid 1992

<sup>103</sup> URIOL SALCEDO, JOSE I: “*Historia de los caminos de España*”.Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Colección de Ciencias, Humanidades e Ingeniería, nº 41. Madrid 1992.

En 1896 como se ve en la imagen, ya estaban establecidas las principales relaciones por carretera en casi toda España, aunque todavía seguían siendo deficientes las comunicaciones por el sureste, en Extremadura, en Ciudad Real y el alto y bajo Aragón. Contaba en 1896 con 32.512 kilómetros de carretera, frente a los 8.324 kilómetros de 1855<sup>104</sup>, lo que suponía un ritmo de construcción de 590 kilómetros de media anual. Esto refleja que el plan de carreteras de los años sesenta estaba prácticamente finalizado (éste fijaba la longitud deseable de nuestra red en 33.218 kilómetros), demostrando que pese al apogeo del ferrocarril, el esfuerzo inversor del estado en las carreteras fue notable en esta segunda mitad del siglo XIX.

Las carreteras provinciales y los caminos provinciales, exceptuando en el País Vasco y Navarra, presentaban sin embargo un estado deficiente, siendo insuficientes las vías de comunicación ejecutadas por las diputaciones o corporaciones locales. Es por ello que muchos diputados en las cortes pretendían que la ejecución de los mismos corriera a cargo del Estado, en lo que se denominó carreteras parlamentarias. Por lo tanto a finales del siglo XIX existían en España suficientes carreteras del estado y faltaban en gran manera, carreteras provinciales y aún más caminos vecinales.

---

<sup>104</sup> Datos obtenidos de “*Historia de los caminos de España*” de José I. Uriol Salcedo. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 1992.

## 2.2 LAS OBRAS PÚBLICAS Y LA SOCIEDAD EN EL PRIMER TERCIO DEL SIGLO XX (1900-1936)

### 2.2.1 EL REINADO DE ALFONSO XIII (17/05/1902-13/09/1923)

A principios del siglo XX se estaba viviendo en España una época convulsa: la pérdida en 1898 de las posesiones españolas en ultramar, Cuba, Puerto Rico y Filipinas<sup>105</sup>, sumieron al país en un desánimo general difícil de modificar; el régimen regeneracionista instaurado con la restauración de la monarquía en 1875 estaba caduco, provocando movimientos político-sociales en la población; los continuos problemas económicos se notaban cada vez más en un país incapaz de renovar sus estructuras sociales estamentales.

Los problemas y dificultades existentes se combinaban, desencadenando un desánimo generalizado. Es ilustrativo de esta crisis moral el discurso que realizó el ilustre Ingeniero de Caminos, José Echegaray, con motivo de la inauguración del curso académico en el Ateneo de Madrid el 10 de noviembre de 1898, titulado “*La fuerza de las naciones*” y del cual se reproducen los fragmentos más representativos:

*“...comparo días de paz y aun de esperanza; días de actividad intelectual, de nobles luchas y de fecundas empresas, con estos días tristísimos y dolorosos, en que no hay español que de veras lo sea que pueda pensar con ahínco y que pueda fijar su atención en otra cosa que en los males de la Patria, en la desventura de sus hijos y en los nubarrones que por todas partes cierran el horizonte de nuestra vida nacional. Y no quiero recargar el cuadro, que fuera impiedad poner los desastres horribles de nuestra España al servicio artificial de la retórica...De suerte, señores, que al dirigiros la palabra, ni sé qué deciros, ni qué tema escoger, ni puedo desprenderme de las hondas*

---

<sup>105</sup> El 23 de febrero de 1895 en la provincia de Oriente, comenzaba la guerra de la independencia cubana. El 15 de febrero de 1898, tras el hundimiento del buque norteamericano “Maine”, entra en el conflicto Estados Unidos en apoyo de los insurrectos, aprovechando el momento oportuno para intervenir y apoderarse de la isla caribeña. España, sin medios técnicos ni recursos apropiados se enfrenta a este emergente y potente enemigo, cuya superioridad era palpable. La capitulación fue irremediable. El 15 de julio de 1898 se produce la finalización del conflicto cubano; el 25 del mismo mes se termina en Puerto Rico; y el 14 de agosto de 1898 se firma el cese de hostilidades en Filipinas. Con la firma del Tratado de la Paz de París el 10 de diciembre de 1898, España quedaba desposeída de sus últimas colonias de ultramar, en favor de Estados Unidos. Se iniciaba un periodo de decadencia del país.

*preocupaciones que á todos nos torturaban desde hace tres años, pero que en este último y funesto que aún vivimos, si esto es vida, se han convertido en angustias como jamás las había experimentado nuestra generación, con haber sido tantos y tan profundos y tan trascendentales los trastornos que han agitado el seno de la madre patria”<sup>106</sup>(sic).*

Para Echegaray, España en esos momentos es un país decaído, en gran parte causado por dos factores principales: la mediocridad de sus ciudadanos, que a título individual impiden la formación de una gran sociedad, y la regresión científica en la que estaba inmersa, causante principal de la pérdida de las colonias de ultramar<sup>107</sup>. Sin embargo,

---

<sup>106</sup> Discurso leído por José Echegaray el 10 de noviembre de 1898 en el Ateneo científico, literario y artístico de Madrid, con motivo de la apertura de sus cátedras.

<sup>107</sup> En el artículo mencionado lo justifica del siguiente modo: ““No hay que hacerse ilusiones: jamás se formará una nación honrada con ciudadanos perversos; la suma de muchos ceros no será más que un cero final; empeñarse en que una nación brille en la ciencia cuando todos sus individuos son ignorantes, es empeño tan insensato como ridículo; por obra y gracia de la multitud la unidad no se transforma si las demás unidades son todas igualmente ruines; por mucho que se aumente una masa plomiza, los átomos no serán de oro... lo que si afirmo como verdad indiscutible, es que si todos los individuos de una nación, ó al menos la mayor parte por el número o por la osadía, son ignorantes, viciosos, egoístas o dementes, por muchas organizaciones que les deis, por más perfectas que estas organizaciones sean, o por más sabias que puedan ser las leyes en que se desenvuelvan, la nación resultará débil y corrompida; y estas naciones sí que desaparecerán al cabo, aunque por milagro de la suerte pudieran fingir energías que no tienen....

*El individuo es fuerte en un momento dado por su inteligencia y por su carácter enérgico. Una nación es fuerte en los modernos campos de batalla por su ciencia y por su riqueza, que es trabajo acumulado....*

*Somos moralmente, sustancialmente, indisciplinados, y cada individuo lo es dentro de si mismo.*

*Tendemos fatalmente á la división, á la subdivisión, a la dispersión total...*

*...en la raza española, las fuerzas de dispersión son inmensas.*

*Nadie está nunca conforme con los demás; y es lo más triste que concluye por no estar conforme ni consigo mismo...*

*...Es indisciplinado cada español en el seno de su patria, ó de una manera activa en sus guerras y revoluciones, o de una manera pasiva mas funesta en el desencanto, en la indiferencia en el desprecio que todo le inspira ante sus propias opiniones...*

*...Siempre he creído que los cerebros españoles son cerebros indisciplinados, en los que el oleaje de la variedad ahoga la unidad, ó acaso la destruye...*

*Y la pregunta es ésta: ¿Quién creéis que nos ha vencido en la pasada insurrección y en la pasada guerra?*

presenta su solución basándose en que es necesaria una regeneración que ha de comenzar, de manera independiente, en cada uno de los individuos que forman esta sociedad. El optimismo es latente cuando indica que España está a tiempo de progresar, y arenga a todos y cada uno de los españoles a cambiar, independientemente de su edad, formación o condición social: “*Por eso, la verdadera regeneración de un pueblo si está decaído; su grandeza, si por ventura es grande ha de buscarse en la regeneración ó en la grandeza de cada individuo...*”

*Por eso los pueblos no se regeneran ni se han regenerado nunca con la dictadura. La dictadura podrá servir, en momentos dados, para reconcentrar fuerzas en la lucha,*

---

*No nos han vencido los hombres. Y no es esto inútil alarde de patriotismo ó insustancial fanfarronada; pero en justicia puedo decir, porque es justicia que todo el mundo nos hace, que en tierra y en mar, entre las olas y en las trincheras, han sabido morir nuestros hombres; soldado ante soldado, hasta nuestros mayores enemigos respetan á los nuestros.*

*Quien nos ha vencido-y esto sí que me parece axiomático-han sido la Ciencia y la riqueza. Máquinas de guerra perfectas y poderosas; caparazones de hierro que no podíamos romper; grandes maquinistas y grandes ingenieros; una experiencia en el tiro que es, en cierto modo, ciencia y trabajo acumulados, y – si me permitís la palabra-capital balístico; y, por otra parte, artillería de tierra como no teníamos nosotros, y en el sitio de combate, triple o cuádruple masa de enemigos.*

*En cambio, poned todo lo contrario para nosotros. Y sin citar más que un hecho, si hubiéramos sido ricos y hubiéramos podido construir veinte acorazados; si hubiéramos tenido grandes capitales y hubiéramos cruzado la isla de Cuba de caminos de hierro, ni hubiera podido prosperar la insurrección, ni en Santiago de Cuba hubiéramos presentado ante el enemigo tres o cuatro mil hombres no más, masa de espectros, que sólo animados por la idea del honor podía sostener un fusil, y á los que sólo ha quedado fuerza para venir a caer y a morir en tierra española.*

*Los hechos son como son: son tristes, son brutales, pero son indiscutibles: la ciencia, una ciencia superior á la nuestra no hay que negarlo; la industria, ramificación de la Ciencia pura, una de las primeras industrias del mundo; la riqueza, una riqueza abrumadora, un capital inmenso: tales son los elementos contra los cuales hemos luchado y por los cuales hemos sido vencidos.*

*Quizá existan otras causas; ni las niego, ni las afirmo, ni las discuto siquiera, porque no son propias de este sitio; ni he de pronunciar palabra alguna que con la política se roce.*

*Sólo afirmo lo que hoy todo el mundo reconoce, si no le ciega la pasión ó el patriotismo, ceguera noble y simpática la última, pero ceguera al fin, á saber: que de antemano estábamos vencidos...*

*De manera que una nación será grande cuando posea la más alta ciencia; cuando sea activa y trabajadora; cuando acumule grandes riquezas, y cuando alumbre á su ciencia toda la idea del deber y la idea del deber, encauce todas sus energías.*

*Y lo que digo de la nación, digo de todos sus organismos y de todos los individuos que la constituyen”*  
(sic)

*para contener desbordamientos, para encauzar pasiones; pero para regenerar á un pueblo, jamás. Un pueblo se regenera á si mismo o no lo regenera nadie....*

*...pueblo que no se regenera á si mismo, es que agotó toda su savia.*

*Yo creo firmemente que no se agotó la de nuestra España...*

*...he querido demostrar que la verdadera regeneración de un pueblo la realizan sus individuos regenerándose á si propios. Que la organización social debe ser tan libre como lo consienta el momento histórico en que se viva. Que las fuerzas materiales que constituyen su grandeza se resumen en estas pocas palabras: la ciencia y sus aplicaciones á la industria; el trabajo, el ahorro y la riqueza; y como regulador del derecho, como guía de la libertad, la idea santa del deber, que impone á todos una gran disciplina voluntaria.*

*Los viejos, para no agarrarnos con egoísmos seniles á la vida que se nos escapa, antes bien abriendo ancho campo á la juventud, cediéndola el puesto y alentándola con el aplauso y el consejo.*

*Pero los jóvenes, despojándose de todo apetito malsano, de toda ambición bastarda, de toda impaciencia envidiosa, y justificando con sus obras las esperanzas que siempre inspira la juventud: porque si aun siendo jóvenes parecen viejos, habrá que proclamar la decrepitud universal, y entonces si que se acabó toda esperanza.*

*Horas son éstas de prueba, no hay que desconocerlo, y por eso deben ser horas de resignación; no de resignación fatalista, que para resignarse con la muerte siempre se está a tiempo, sino de resignación activa” (sic).*

España era un país estancado en estructuras políticas, sociales y económicas propias del siglo anterior, incapaz de adaptarse a las situaciones que imponía el nuevo orden mundial y que también demandaba la sociedad. Sólo una pequeña élite crítica parecía darse cuenta que no se estaba en el buen camino. Pensadores, políticos y también Ingenieros de Caminos<sup>108</sup>, decidieron romper con la pesada carga del pasado y abrirse camino en el mundo del saber. Era el momento de implantar una nueva corriente de pensamiento: el Regeneracionismo. Esta nueva corriente trataba de introducir un halo de progresismo en el país, a través de la adopción de medidas aperturistas y liberalizadoras.

---

<sup>108</sup> Entre los hombres destacados de la intelectualidad española como impulsores del regeneracionismo destacan Joaquín Costa, Miguel de Unamuno, Pío Baroja, Ramón María del Valle-Inclán o el ya mencionado José Echegaray.

Buscaba la participación de las masas sociales en la política a través los partidos surgentes entorno al proletariado (PSOE, republicanos, etc). Sin embargo, los partidos monárquicos mayoritarios siguieron simultaneando la alternancia en el poder a través de los mismos métodos fraudulentos que empleaban en el siglo anterior, aunque más disimulados. Esto suponía una incoherencia con el nuevo sistema, provocando reacciones sociales cada vez más hostiles y dramáticas. Durante este periodo se produjeron actos terroristas cuya finalidad era el asesinato de los dirigentes de los principales partidos o incluso el propio rey Alfonso XIII<sup>109</sup>. La población cada vez apoyaba en menor medida a los partidos monárquicos que ya no contaban con sus carismáticos dirigentes<sup>110</sup>.

El rechazo a la guerra en Marruecos<sup>111</sup> provocó en 1909 uno de los sucesos más sangrientos y de mayor repercusión en la época: la Semana Trágica de Barcelona. La población, harta de ver cómo se enviaban a la muerte a hombres cada vez más jóvenes, se rebeló contra el poder, y sufrió una de las represiones más duras en la historia de España. Esto era una demostración del descontento reinante en la población.

1917 es un año significado por el gran número de revueltas que se producen. El ejército se une en torno a las Juntas de Defensa Militares en sus enfrentamientos internos<sup>112</sup>; los

---

<sup>109</sup> En 1912 se produjo el asesinato del político liberal José Canalejas y en 1921 sucedió lo mismo con Eduardo Dato.

<sup>110</sup> Antonio Cánovas del Castillo, principal valedor de la restauración borbónica, murió asesinado el 8 de agosto de 1897, en el balneario de Santa Águeda, en Mondragón (Guipúzcoa), a manos del anarquista italiano Michele Angiolillo. Por su parte, Práxedes Mateo Sagasta del partido liberal, murió en Madrid el 5 de enero de 1903, tan sólo un mes después de dejar su cargo político.

<sup>111</sup> Todo comenzó en julio de 1909, cuando unos trabajadores españoles de la construcción del ferrocarril de las minas del Rif, norte de Marruecos, fueron atacados por un grupo de rebeldes rifeños. El ministro de la Guerra decidió movilizar a los reservistas, en lugar de al ejército regular, para combatir a las tribus insurgentes. Se ordenaron levas, sobre todo en Cataluña, que movilizaron a hombres carentes de cualquier entrenamiento militar. El resultado fue desastroso, con más de 1.000 españoles muertos. Por eso en Barcelona estalla la indignación popular contra los reclutamientos, que es aprovechada por el creciente movimiento obrero para convocar una huelga general, que degenera en insurrección. La protesta se ahoga con fuego del ejército.

<sup>112</sup> El conflicto surgió por el enfado de los oficiales peninsulares ante los meteóricos ascensos de sus compañeros de la guerra de Marruecos, los llamados africanistas.

políticos catalanes se reúnen en torno a la Asamblea de Parlamentarios en Barcelona exigiendo una nueva organización del Estado que reconociera la autonomía de las regiones, y desencadenan una crisis política<sup>113</sup>; se produce la huelga revolucionaria de agosto-septiembre que provocaría los durísimos enfrentamientos entre los sindicatos y las fuerzas del orden<sup>114</sup>. Como consecuencia de todo ello se suspenden las garantías constitucionales. Estos sucesos coincidieron con una coyuntura internacional especialmente crítica<sup>115</sup>. Los distintos gobiernos no habían sabido implantar las medidas regeneracionistas y estando incursos en una crisis a nivel mundial, el desorden social estaba asegurado. Además, España no supo aprovechar los beneficios de su neutralidad en la Primera Guerra Mundial y de su papel de exportador de materias primas, que habrían supuesto el arranque de una industria prácticamente inexistente.

La decadencia final de este sistema de gobierno ya obsoleto se percibió tras el desastre de la derrota de las tropas españolas en Annual, frente a Abd el-Krim, el 22 de julio de 1921. No era asumible para un país decadente invertir más de la mitad del presupuesto nacional en una guerra fratricida. Tampoco era asumible para un país desarrollo, tener trece gobiernos distintos en seis años. Y el final de esta etapa caduca se produjo el 13 de

---

<sup>113</sup> Esto suponía el cuestionamiento del sistema político de la Restauración. Además hacía palpable la reivindicación de los grupos nacionalistas surgidos a finales del siglo XIX, que reclamaban una nueva organización del Estado. La respuesta desde el gobierno fue la represión: la Asamblea se declara sediciosa; se suspenden los periódicos y se ocupa militarmente Barcelona.

<sup>114</sup> Esta huelga se gestó en marzo de 1917 entre los principales sindicatos representantes del proletariado: UGT, más implantado en Madrid y el País Vasco, y CNT, mayoritario en Cataluña. Aunque la huelga se precipitó tras las detenciones de sus promotores, consiguió paralizar las actividades en casi todas las grandes zonas industriales, urbanas y mineras, aunque sólo por unos días. En Barcelona y Asturias tuvo una gran repercusión. En las ciudades pequeñas y en las zonas rurales apenas tuvo importancia. El ejército no dudó en ponerse bajo las órdenes del gobierno, y comenzó una durísima represión muy violenta con los huelguistas. Los miembros del Comité de huelga fueron detenidos, juzgados y encarcelados a cadena perpetua.

<sup>115</sup> En Rusia se produjo en febrero de 1917 la Revolución que derrocó a la autocracia zarista. Este hecho fue el desencadenante de la Revolución bolchevique de Octubre, que llevó al poder a Lenin y a Rusia hacia la dictadura comunista. La Primera Guerra Mundial atravesaba por una fase de incertidumbre, pues la ventaja alemana en el frente oriental se compensaba con la entrada en la guerra de los Estados Unidos, que desequilibraría el frente occidental. Además se gestaba en este año la más mortífera epidemia de la Edad Contemporánea, la gripe, que segaría la vida a entre 50 y 100 millones de personas en todo el mundo.

septiembre de 1923, con el golpe de Estado del capitán general de Cataluña, Miguel Primo de Rivera y Orbaneja.

### **2.2.1.1 LA INGENIERÍA DE CAMINOS DURANTE EL REINADO DE ALFONSO XIII.**

La evolución del Cuerpo de Ingenieros de Caminos, discurre paralelamente y en consonancia con la realidad político-social del país en el que se enmarca. Este periodo está dominado por la actuación de una dinámica generación de ingenieros que, adaptándose a las nuevas circunstancias del país, contribuyeron a su modernización y a su desarrollo. Tras la pérdida de las colonias del 98, se instauró la idea de una necesaria regeneración para sacar al país de la postración en la que se había sumido. Los Ingenieros de Caminos fueron uno de los grupos dinamizadores de la sociedad e impulsores de un cambio de pensamiento. No sólo a través de discursos o publicaciones pedían el cambio. El mejor exponente para exigir la regeneración lo presentaban en sus trabajos. La realización de obras innovadoras alentaba a una sociedad ávida de progreso. La introducción, aunque tardía, del hormigón armado como material de construcción, supuso una auténtica revolución en los métodos y técnicas de ejecución.

Se debe señalar, que a principios de siglo los métodos de transmisión de conocimientos eran muy limitados, en comparación con los que poseemos en la actualidad. Las universidades, en general sólo accesibles para la élite, constituían el principal punto de partida educacional y formacional. La escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, limitaba sus plazas a unos 50 alumnos por término medio, previo a unas durísimas pruebas de acceso. Como escuela técnica, en sus enseñanzas predominaban los conocimientos teóricos sobre los prácticos. Las matemáticas puras ocupaban el lugar más importante de la formación del ingeniero, en detrimento de materias más aplicadas. La reforma de la enseñanza se hacía patente y el artífice de la misma fue Vicente Machimbarrena<sup>116</sup>. Bajo su dirección se produce la simplificación de los programas

---

<sup>116</sup> Vicente Machimbarrena (1865-1949) fue el artífice de la revolución de la enseñanza en la Escuela de Caminos. Inicialmente su labor fue de profesor de la misma. Su creencia en la necesidad de impartir disciplinas humanísticas a los futuros técnicos, hasta entonces considerada absurda, lo llevó a convertir la cátedra de Arquitectura en Historia del Arte. A partir de 1910 realiza viajes por las escuelas técnicas europeas para poder acometer adecuadamente la reforma de la enseñanza. En 1924 alcanza la dirección

docentes, la continuación de la construcción de laboratorios, se alcanza la autonomía de la escuela del Ministerio de Fomento y se produce la especialización del profesorado. Esta modernización y cambio que sufrieron las enseñanzas repercutirá en el carácter de los futuros ingenieros, más experimentales, pragmáticos y sensibles a la hora de enfrentarse y entender su trabajo.

Posteriormente, y una vez completados los estudios, los nuevos ingenieros entraban a formar parte del cuerpo del Estado como numerarios. Su destino se circunscribía a los territorios del Estado, incluyendo a principios de siglo, Marruecos. Sin embargo, esta tendencia general de ingeniero al servicio de la administración hubo de ser modificada en esta época por el alto número de Ingenieros de Caminos para los que no era posible proporcionar una plaza. Y por estos avatares, nace la figura del profesional libre, que desempeña sus funciones de manera independiente al Estado<sup>117</sup>. Su figura se erige en la de proyectista al servicio de las corporaciones municipales o particulares y en la de constructor. Como representantes de las nuevas ramas, se deben mencionar a José Eugenio Ribera<sup>118</sup> y a los ingenieros fundadores de la empresa Mengemor<sup>119</sup>: Carlos Mendoza Sáez de Argandeña, Alfredo Moreno Osorio y Antonio González Echarte.

---

de la escuela. SAÉNZ RIDRUEJO, FERNANDO: *“Los Ingenieros de Caminos”*. Madrid, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1993.

<sup>117</sup> Durante el siglo XIX fueron muy pocos los Ingenieros de Caminos que ejercieron como profesionales libres o contratistas. Algunos que ejercieron la profesión de manera privada fueron Ildefonso Cerdá o Leonardo Torres Quevedo. La actividad de contratista era realizada por empresarios de muy escaso nivel técnico que en muy contadas ocasiones contaban con el trabajo de los Ingenieros de Caminos. SAÉNZ RIDRUEJO, FERNANDO: *“Los Ingenieros de Caminos”*. Madrid, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1993.

<sup>118</sup> José Eugenio Ribera es el primer Ingeniero de Caminos que abandona el cuerpo para crear su propia empresa constructora. Este ingeniero, responsable principal de la introducción del hormigón armado en España, abandonó el servicio del Estado en 1899 para fundar una empresa constructora, de la que formaban parte otros profesionales del sector como Manuel Gomendio o Mariano Luiña. Su actividad constructiva será enormemente fructífera a principios de siglo y estará ligada principalmente a la construcción de puentes y obras hidráulicas con hormigón armado. En 1915 la empresa de Ribera pasó a sociedad anónima con el nombre de “Compañía de Construcciones Hidráulicas y Civiles”, siendo más conocida por “Hidrocivil”.

<sup>119</sup> La asociación nace entre Carlos Mendoza y Alfredo Moreno, que a finales del XIX difunden una circular en la que ofrecían sus servicios a los ayuntamientos para la construcción de caminos vecinales, abastecimientos de agua y saneamientos y para realizar obras de reforma de poblaciones. Posteriormente,

Pero ahí no debía acabar la formación de un profesional al que se le va a exigir esfuerzo, dedicación y acierto. La formación debía ser continuada tras su paso por la escuela. Las publicaciones técnicas periódicas<sup>120</sup>, la asistencia a exposiciones universales o congresos internacionales así como la realización de grandes viajes por Europa, constituían los métodos más eficientes para la adquisición del conocimiento científico. Como lugar de expresión del Cuerpo de Ingenieros, surge la Asociación de Ingenieros de Caminos<sup>121</sup>, enmarcado en el clima ilusionante en que todos los ingenieros trataban

---

y tras realizar varios proyectos, Antonio González Echarte inició su colaboración hasta que en 1904 su asociación libre se convierte en la sociedad “Mengemor”. SAÉNZ RIDRUEJO, FERNANDO: “*Los Ingenieros de Caminos*”. Madrid, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1993.

<sup>120</sup> Entre las publicaciones dirigidas a los ingenieros de caminos, destacan:

- Revista de Obras Públicas.
- El Cemento Armado: de corta vida, 1901-1903, constituyó la primera revista especializada de inspiración española, tratando los temas del nuevo material en cuanto a cálculos, aplicaciones civiles y militares, fabricación, detalles de ejecución y costes, principalmente. Su promotor fue Ricardo Martínez Unciti.
- La Construcción Moderna (1903-1933): publicación quincenal de arquitectura e ingeniería dirigida por el ingeniero militar Eduardo Gallego Ramos y el arquitecto Luis Sainz de los Terreros. Surge como continuación de “El Cemento Armado”. Era una de las revistas profesionales más importantes, que recogía los avances constructivos así como un especial interés hacia el análisis técnico y matemático de los mismos.
- El Hormigón Armado publicada entre 1900 y 1908 por la Compañía Anónima del Hormigón de Sestao, que se encargaba de difundir las obras y progresos de las construcciones de hormigón armado ejecutados con el sistema “Poutre Dalle” de Joseph Blanc.
- Hormigón y cemento armado: folleto publicado por José Eugenio Ribera en partir de 1903, constituyendo un vehículo de expansión para su propio sistema de construcción con hormigón armado.

<sup>121</sup> La Asociación surgió con motivo de la creación del Instituto de Ingenieros Civiles, en 1902. El artífice de la creación de la Asociación de Ingenieros de Caminos fue Manuel Maluquer, alegando la necesidad de poseer un instrumento para la integración de los ingenieros en el marco más amplio del Instituto. La Asociación se creó en 1902. Como objetivos tenía los siguientes:

- Cooperar en cuantos proyectos y empresas tendieran al engrandecimiento de la nación.
- Contribuir al desarrollo de las ciencias y de las artes relacionadas con las construcciones y al estudio de los problemas económicos originados por su explotación.
- Promover y consolidar los lazos de unión entre los asociados y atender a la defensa de sus intereses, el primero de los cuales era la mejora del servicio de las obras públicas.

de aunar sus esfuerzos al servicio de la patria. El Congreso Nacional de Ingeniería de 1919<sup>122</sup> constituyó otro de los hitos claves de la época de estudio para los Ingenieros, como reunión para el análisis del nuevo orden mundial y de la situación económica tras la Primera Guerra Mundial.

Por la Escuela de Caminos, sita en cerrillo de San Blas, pasaron ingenieros de la talla de José Eugenio Ribera o Juan Manuel de Zafra, que fueron grandes docentes de la época. En la primera decena del siglo destacan entre sus alumnos Mariano Luiña, gran constructor impulsor del hormigón armado, Manuel Lorenzo Pardo, impulsor de los planes hidráulicos y de regadíos durante principios de siglo, Rafael de Benjumea, ingeniero destacado en la época de la Dictadura de Primo de Rivera que finalizó sus estudios en 1901 o Manuel Becerra, que finalizó en 1897. De la década de 1910 destacan Alfonso Peña Boeuf que finaliza sus estudios en 1914 y el famoso Juan de la Cierva Codorniú<sup>123</sup>.

El Ministerio de Fomento, así denominado en esta época, desempeñará a medida que avance el siglo, funciones cada vez más específicas centradas en la obra pública. La estructura organizativa general parte del Ministro, como máximo responsable, del que depende la Dirección General de Obras Públicas. Ésta se subdividía en tres secciones principales: carreteras; ferrocarriles y aguas y puertos. Al frente de los mismos se situaban los Ingenieros de Caminos. En esta época la falta de continuidad de los gobiernos influyó notablemente en la política de obras públicas, porque impedía la realización de programas cuya ejecución se preveía a largo plazo. Se entendía que este

---

En SAÉNZ RIDRUEJO, FERNANDO: *“Los Ingenieros de Caminos”*. Madrid, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1993.

<sup>122</sup> El Congreso se celebró el 16 de noviembre de 1919. Los Ingenieros de Caminos jugaron un papel protagónico tanto en la organización como en el desarrollo del Congreso. Se trataron los temas más candentes que afectaban al binomio economía y obra pública, principalmente. Al término del Congreso se aprobaron 86 conclusiones que fueron elevadas al Gobierno de la nación. SAÉNZ RIDRUEJO, FERNANDO: *“Los Ingenieros de Caminos”*. Madrid, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1993.

<sup>123</sup> CARREÑO RODRÍGUEZ-MARIBONA, ÁNGEL MARIO: *“Los Ingenieros de Caminos en la década 1930-1939. De la zanja del olvido al olvido de la zanja”*. Edición de Ángel Mario Carreño Rodríguez-Maribona. Noviembre 2009.

Ministerio debía actuar como dinamizador de una economía que no podía competir con sus vecinos europeos y por ello y a través de un plan de obras públicas, remediar la crisis generada por la primera guerra mundial<sup>124</sup>. Muchas fueron las propuestas de planes y programas dentro de este Ministerio que no llegaron a implantarse por las luchas internas entre políticos, que anteponían sus intereses particulares al interés de la nación<sup>125</sup>.

### **2.2.1.2 LOS FERROCARRILES DURANTE EL REINADO DE ALFONSO XIII.**

Como se ha comentado anteriormente, a principios del siglo XIX la red ferroviaria española de vía ancha estaba prácticamente terminada en cuanto a su extensión. Por eso la construcción de vía férrea continuó pero a un ritmo mucho menor<sup>126</sup>. Un hito destacable de la época es el establecimiento de la primera doble vía, ejecutada por al compañía del Norte en 1900 entre Madrid y Pozuelo<sup>127</sup>. En la compañía de MZA los primeros tramos de vía doble corresponden también a principios de siglo, e iban de Barcelona a Mataró y de Madrid a Getafe. Es significativa la diferencia que

---

<sup>124</sup> Así, en la Revista de Obras Públicas se expresaba la necesidad de redactar en esta época un plan de obras públicas debido a “*la repatriación de españoles faltos de recursos, por una parte, la suspensión de obras relacionadas por su capital o por sus materiales, o productos con el extranjero, que ha ocasionado la guerra europea, han hecho fijar la atención del gobierno, en el Ministerio de Fomento, que es el que puede remediar la crisis actual, llevando la tranquilidad a todas partes, al asegurar la continuación del trabajo*” en Revista de Obras Públicas año 1914, páginas 331-332. Citado en ORTÚNEZ GOICOLEA, PEDRO PABLO: “Reducción de competencias, mantenimiento del gasto (1914-1936)”. Revista Transportes, Servicios y Comunicaciones. Número 2.

<sup>125</sup> ORTÚNEZ GOICOLEA, PEDRO PABLO: “Reducción de competencias, mantenimiento del gasto (1914-1936)”. Revista Transportes, Servicios y Comunicaciones. Número 2.

<sup>126</sup> En el periodo que abarca desde 1900 a 1936 el ritmo de construcción fue mucho menor al del siglo pasado, tendiéndose vía férrea con una media anual de 35 kilómetros (en el periodo anterior ésta era de más de 300 kilómetros cada año). URIOL SALCEDO, JOSE I: “*Historia de los caminos de España*”. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Colección de Ciencias, Humanidades e Ingeniería, nº 41. Madrid 1992.

<sup>127</sup> En 1913 la misma compañía disponía ya de doble vía en los tramos de Madrid al Escorial, de Medina del Campo a Valladolid y Burgos, y de Irún a Alsasua. URIOL SALCEDO, JOSE I: “*Historia de los caminos de España*”. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Colección de Ciencias, Humanidades e Ingeniería, nº 41. Madrid 1992.

establecieron las dos compañías: en MZA se circulaba por la derecha y en el Norte por la izquierda. También es en este periodo cuando se produce la primera electrificación en la línea entre Linares a Almería perteneciente a la Compañía de Ferrocarriles del Sur de España<sup>128</sup>.

El negocio ferroviario fue exitoso desde principios de siglo hasta el inicio de la I Guerra Mundial. Como consecuencia de la misma, el suministro de carbón a España se detuvo, y aunque esto inicialmente supuso una contrariedad que a punto estuvo de paralizar el servicio ferroviario, finalmente permitió el despegue de la industria nacional, que se convertía en suministradora de los países en litigio. Del mismo modo se fomentó la construcción de material ferroviario en las empresas fabricantes del país, como la Maquinista Terrestre o la Sociedad Española de Construcciones Babcock&Wilcox de Bilbao. Sin embargo, esto no fue duradero. Entre 1914 y 1918 se perdió la oportunidad de lanzamiento de la industria por no reinvertir los beneficios generados en la modernización de las estructuras productivas.

A finales de la I Guerra Mundial se hace patente la gran crisis ferroviaria que se venía arrastrando en el país. A la misma contribuyen diversos factores como:

- Incremento del coste del carbón: materia prima imprescindible para el funcionamiento del ferrocarril, ya que constituía el único combustible empleado hasta entonces.
- Aumento de los gastos de personal: la conflictividad laboral estaba presente en las grandes compañías, que se vieron abocadas a una resolución que pasaba por el incremento de los salarios y garantías sociales de sus trabajadores.

En 1917 se celebra la Asamblea Nacional Ferroviaria en la que se intenta dar solución al llamado “problema ferroviario”. Los principales problemas provenían del sistema de concesiones y del sistema de tarifas máximas fijadas por el Gobierno. A medida que se

---

<sup>128</sup> El tramo, de 21 kilómetros entre Gergal y Santa Fé, contaba con grandes rampas, la máxima de 27,5 milésimas, complicadas de superar por las máquinas de vapor. La tracción eléctrica de tipo trifásico se inauguró en junio de 1912. URIOL SALCEDO, JOSE I: *“Historia de los caminos de España”*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Colección de Ciencias, Humanidades e Ingeniería, nº 41. Madrid 1992.

acercaba la fecha de expiración de una línea, las compañías perdían el interés por renovar los trazados o invertir en la mejora y mantenimiento de las instalaciones. Por otra parte, los Gobiernos se negaban a aumentar las tarifas máximas de los servicios ferroviarios, temerosos de que un encarecimiento de los transportes frenara la marcha de la economía. Las empresas ferroviarias presentaban serios déficits de explotación que no podían ser absorbidos por las tarifas ferroviarias. Ante esta insostenible situación para los ferrocarriles, el entonces Ministro de Fomento Francesc Cambó y Batlle, ordenó la realización de un importante estudio histórico y comparativo con las redes extranjeras para abordar el “problema ferroviario”. Como resultado del mismo se aprueba el decreto de 26 de diciembre de 1918, que autorizaba la subida de las tarifas y el establecimiento de la jornada de trabajo de 8 horas. El gobierno asumió el aumento de los gastos de personal y también financió la renovación del material que necesitaban las compañías.

### **2.2.1.3 LAS CARRETERAS DURANTE EL REINADO DE ALFONSO XIII.**

Para analizar la evolución de las carreteras en España en este período, marcaremos como fechas de intervalo 1896-1924. En este período la construcción de carreteras continuó a un ritmo constante y muy alto, alcanzando una media de 830 km/año. La inversión en carreteras suponía el principal gasto en los presupuestos del Ministerio de Fomento y por eso, en los 28 años analizados se pasó de 32.512 kilómetros de 1896 a 55.719 kilómetros en 1924<sup>129</sup>.

En cuanto al marco legislativo, es destacable la continuidad de la ley de carreteras que se había aprobado en 1877 con su pliego de condiciones generales. Lo que se hubo de modificar fue el plan general de carreteras, iniciando el proceso a través de ley de 1911 que lo suprime. Tenía como objetivo principal eliminar la construcción de las llamadas carreteras parlamentarias<sup>130</sup>. A partir la promulgación de la ley sólo correrían a cargo

---

<sup>129</sup> En URIOL SALCEDO, JOSE I: “*Historia de los caminos de España*”. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Colección de Ciencias, Humanidades e Ingeniería, nº 41. Madrid 1992.

<sup>130</sup> Con el término despectivo de “carreteras parlamentarias” se denominaban a aquellas que se construían a favor de los intereses de ciertos diputados y no a los del país. La ley de carreteras de 1877 preveía la

del estado las carreteras terminadas o incautadas en aquella fecha, las que estaban en construcción y aquellas otras que el ministro de Fomento, oyendo al Consejo de Obras Públicas, incluyera siempre que procedieran del suprimido plan y que cumplieran una serie de requisitos previos. El nuevo Plan General de Carreteras, conocido como plan Gasset, al que obligaba la nueva ley, se aprueba el 5 de agosto de 1914<sup>131</sup> y exigía la oportuna programación de las actuaciones contempladas en el mismo. El objetivo principal era el alcanzar un total de 74.402 kilómetros de carreteras del Estado<sup>132</sup>. El plan relacionaba por provincias, las obras a realizar, separándolas entre aquellas consideradas urgentes a ejecutar de modo inmediato, y las consideradas y convenientes necesarias, cuya construcción se posponía para periodos más favorables económicamente. Estuvo vigente hasta 1939.

Pero también se debe reseñar que el Estado, habida cuenta de la lamentable situación de los caminos vecinales y provinciales, se decidió a darles un impulso procediendo a las ayudas financieras por medio de subvenciones para su construcción. Tras el fracaso de la del 30 de julio de 1904, el estímulo necesario se consiguió tras la ley aprobada el 29 de junio de 1911 que consiguió se produjera un aumento en los caminos vecinales de unos 10.000 kilómetros. Con el real decreto de 20 de marzo de 1925 que aprueba el estatuto provincial, junto con el reglamento de vías y obras provinciales de 25 de julio del mismo año, se encarga a las diputaciones provinciales la construcción de los nuevos

---

inclusión en su planificación inicial de nuevas carreteras por iniciativas parlamentarias. Los diputados se encargaban de plantear estas iniciativas después utilizaban como moneda de cambio electoral.

<sup>131</sup> El Plan Gasset sustituía a los dos planes de carreteras aprobados unos pocos años antes. La ley de 29 de junio de 1911 aprobó el plan de construcción de carreteras del Estado, limitado a 7.000 kilómetros. Esta ley restrictiva, fue ampliada con un nuevo proyecto aprobado por ley el 25 de diciembre de 1912, que sin embargo no se podía considerar completo ni adecuado al desarrollo e importancia que estaban adquiriendo las carreteras a principios del siglo XX.

El Plan Gasset fue actualizado dos años después mediante el Decreto del 10 de Febrero de 1916. URIOL SALCEDO, JOSE I: *“Historia de los caminos de España”*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Colección de Ciencias, Humanidades e Ingeniería, nº 41. Madrid 1992.

<sup>132</sup> De ese total, en 1914 45.633 kilómetros ya estaban construidos, 6.401 kilómetros se encontraban en fase de ejecución y 22.368 kilómetros estaban por construir. Durante el periodo de vigencia del plan Gasset (1914-1939) el ritmo de construcción de la red programada fue de 256 km/año. URIOL SALCEDO, JOSE I: *“Historia de los caminos de España”*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Colección de Ciencias, Humanidades e Ingeniería, nº 41. Madrid 1992.

caminos vecinales y la conservación de todos los existentes en cada provincia en aquel momento.

Pero lo que realmente es notable para las carreteras en este periodo es la transformación a la que se ven obligadas por la incorporación o aparición de los automóviles al tráfico rodado. Principalmente obliga a modificaciones de trazado, aún no visibles al final de periodo estudiado, y de sus firmes. Inicialmente el aspecto de las carreteras era prácticamente idéntico a las del siglo anterior. Por las carreteras transitaban indistintamente los carros, que producían un gran deterioro en los firmes de macadam, con los automóviles, cuyo principal problema era la polvareda que provocaban a su paso por los firmes de tierra. El porcentaje de utilización entre uno y otro vehículo fue cambiando progresivamente a medida que avanzaba el siglo, dado que la incorporación de los nuevos vehículos automóviles fue lenta. Sin embargo, el crecimiento exponencial en el uso de estos vehículos (sobre todo a partir de la I Guerra Mundial), obligaba a la búsqueda de soluciones<sup>133</sup> que en los años veinte se hacían imprescindibles<sup>134</sup>. Por eso se intensifican los ensayos de nuevos firmes en España. Por real orden de 21 de marzo de 1924 se ordenó una inspección general extraordinaria de los pavimentos de las

---

<sup>133</sup> En París, del 11 al 18 de octubre de 1908, se realizó el primer congreso internacional de carreteras para estudiar el acondicionamiento de las carreteras al objeto de su adaptación a los nuevos modos de locomoción. Entre las soluciones más destacadas se encontraban el alquitranado, el riego con agua dulce, el riego con agua salada natural, el riego de los caminos con mezclas de agua y cloruro cálcico o con mezcla de agua y aceite saponificado, o impregnado con aceites crudos especiales.

<sup>134</sup> Existen diversos artículos en la ROP que se hacen eco de las necesidades de las carreteras de la época. Uno de los más firmes denunciadores de la situación es P. García Faria, que escribe: *“Es tan lamentabilísimo el estado de las carreteras españolas de mayor tránsito, que no se concibe cómo persiste la inacción para repararlas, la cual cuesta muy cara al país, por el entorpecimiento, dificultades y aumento de gasto de tracción a que obliga el mal estado de aquellas vías, en las que se emplea inadecuadamente mucho dinero con el que no se cura, ni se mejora siquiera la arterea-bacheosis que sufre nuestro sistema circulatorio...Para que no se crea que lo dicho son meras opiniones individuales, transcribiremos las declaraciones de M. Ceis, Subsecretario de Obras Públicas de Francia, acerca de la organisation routiere consignados en el último número (2.359), de la Nature:”* Por otro lado hemos de resolver problemas nuevos. No se trata sólo de reponer las calzadas a su primitivo estado anterior a la guerra. Muchas de ellas deben hallarse dispuestas a soportar el tráfico automóvil intensificado. La calzada macadamizada no es ya suficiente...La solución se ha buscado en los aglomerantes de base de alquitrán, brea, petróleo, betún, asfalto y también cemento”. GARCIA FARIA, PEDRO: *“Las carreteras españolas”*. Revista de Obras Públicas, número 2282, 1919.

carreteras del estado y se enviaron al extranjero comisiones de ingenieros para estudiar los firmes existentes. De todo ello se deduce la necesidad de empleo de otros pavimentos distintos del macadam, llamados especiales (alquitranados, riegos bituminosos, hormigones hidráulicos, etc) y la necesidad de acondicionar la red de carreteras a las nuevas exigencias de los usuarios.

Sin embargo, al final de este período de estudio podemos afirmar que las carreteras no presentaban un buen estado en general: la escasez de recursos para su mantenimiento impedía que la extensa red de caminos del país contara con las condiciones exigidas a la circulación de la época.

### 2.2.2 LA DICTADURA DE PRIMO DE RIVERA

El 13 de septiembre de 1923 Miguel Primo de Rivera y Orbaneja, capitán general de Cataluña, dirige un golpe de Estado que pone fin al periodo anterior, e instaura una dictadura militar, con los apoyos de ejército, la burguesía y el rey Alfonso XIII. Sus objetivos principales pasan por establecer un control total sobre el gobierno de la nación para evitar la inestabilidad de los períodos anteriores e impulsar desde el mismo la industria nacional, a través de la inversión en las obras públicas. Implantaría un Directorio Militar hasta “poner a España en orden”, momento en el que el poder se devolvería a los civiles.

Inicialmente instaura las medidas propias de una dictadura similar a las fascistas que se estaban implantando en Europa: suspensión de la Constitución, Ayuntamientos y partidos políticos; represión del sindicalismo de la CNT y del Partido Comunista; creación de un partido único “Unión Patriótica” y de un sindicato vertical único, “Organización Corporativa Nacional”. Con esto consigue establecer el control sobre un país anteriormente fragmentado y con la política inversionista en obra pública e industria, provoca un repunte de la economía española.

En 1925 comienza la reforma de su propio sistema y sustituye el Directorio Militar, que manejaba el país con “mano de hierro” en palabras del dictador, por un Directorio Civil, con hombres que no provenían del antiguo sistema de partidos<sup>135</sup>. Además con la rendición de Abd el-Krim el 27 de junio de 1926 tras el desembarco de Alhucemas de septiembre de 1925, contaba con el favor de un ejército satisfecho, que superaba así la frustración que en él había producido el desastre del 98.

La Dictadura fue capaz de estabilizar la situación política durante un largo periodo y supuso un cierto progreso de la economía y las infraestructuras, pero al final de la misma se produjo una crisis cuyas causas principales fueron las siguientes: la conflictividad obrera por las pésimas condiciones de trabajo y la represión; la retirada

---

<sup>135</sup> El sistema se articulaba en torno a los titulares de tres de los ministerios, personas de total confianza del dictador: José Calvo Sotelo regentaba la cartera de Hacienda; Martínez Anido ostentó la de Gobernación; y Rafael de Benjumea, del que hablaremos posteriormente, ocupó el Ministerio de Fomento.

de los apoyos con los que contaba inicialmente, como el de la burguesía catalana; la reacción de los militares al intentar acabar con alguno de los privilegios que mantenía este cuerpo; y la crisis mundial de 1929 que no fue capaz de asumir el país. Con esta situación, la dimisión del dictador era irremediable, y se produjo en enero de 1930. Tras dos intentos de mantener el sistema por Dámaso Berenguer y Juan Bautista Aznar-Cabañas, la dictadura es sustituida por un sistema republicano tras las elecciones municipales celebradas el 14 de febrero de 1931. Alfonso XIII se retira a un exilio obligado y deja el país con un nuevo sistema de gobierno: la Segunda República.

### **2.2.2.1 LA INGENIERÍA DE CAMINOS EN LA DICTADURA DE PRIMO DE RIVERA.**

Durante el Directorio Militar cada departamento ministerial estuvo regido por un subsecretario. A partir del 4 de diciembre de 1925 con la instauración del Directorio Civil se restableció la figura del Ministro, estructurándose el Ministerio de Fomento en lo relativo a la obra pública, tal y como se indica a continuación:

- Dirección General de Obras Públicas: dependiente en exclusiva del Ministro. A su frente se situaría a un Ingeniero de Caminos. Esta dirección general se dividía en la sección de carreteras y la sección de puertos y señales marítimas. De esta Dirección general se hacía depender directamente a las Confederaciones Hidrográficas y a la dirección técnica especial para la construcción y explotación del Circuito Nacional de Firmes Especiales.
- Dirección General de Ferrocarriles, Tranvías y Transportes por Carretera<sup>136</sup>

El nombramiento como Ministro de Fomento a Rafael de Benjumea Burín<sup>137</sup>, conde de Guadalhorce, constituirá un enorme acierto para la modernización y avance de las obras

---

<sup>136</sup> ORTÚNEZ GOICOLEA, PEDRO PABLO: “Reducción de competencias, mantenimiento del gasto (1914-1936)”. Revista Transportes, Servicios y Comunicaciones. Número 2.

<sup>137</sup> Rafael de Benjumea (1876-1952) era un Ingeniero de Caminos que había destacado como constructor del salto del Chorro, en el río Guadalhorce, motivo por el que sería honrado con el título de conde en 1921 por Alfonso XIII. Ocupó el Ministerio de Fomento durante la dictadura de Primo de Rivera. Con la llegada de la Segunda República en 1931 hubo de exiliarse y se instaló en Argentina desde 1933. Continuaría ejerciendo su actividad profesional en el ramo de las obras públicas, hasta que regresó a España en 1947 con el cargo de presidente del Consejo de Administración de RENFE. Fue presidente del Consejo de Obras Públicas y académico de Ciencias Morales y Políticas. Falleció en Málaga en 1952.

públicas como motor dinamizador de la economía del país. Con este nombramiento se hacía cargo de la cartera de Fomento un técnico especializado en las materias que debía gestionar, que a diferencia de los ministros anteriores, era un gran conocedor de las deficiencias estructurales, técnicas y legislativas que caracterizaban la obra pública española. Desde el estamento gubernamental se potenció una actividad incipiente en el campo de las obras públicas<sup>138</sup>. Desde el 3 de diciembre de 1925, día en el que toma posesión del cargo de Ministro de Fomento, hasta el 28 de enero de 1930 en el que dimite junto con el resto del gabinete, “*emprendió tal cantidad de acciones en todos los ramos de su vasto ministerio que revolucionó la vida española. Contó durante la primera parte de su mandato con una relativa bonanza económica, contó con el respaldo del dictador frente a la férrea resistencia del ministro de Hacienda y contó con unos cuerpos técnicos que se volcaron para sacar adelante proyectos que desde mucho tiempo yacían aparcados*”<sup>139</sup>. El Director General de las Obras Públicas durante todo el periodo fue Rodolfo Gelabert Viana, que accedió a este cargo ya casi septuagenario, y trabajó eficazmente, aunque oscurecido siempre por Benjumea y otros colaboradores más brillantes<sup>140</sup>.

Las modificaciones realizadas en las obras públicas se produjeron en todos los ramos, tanto en su parte legislativa como técnica<sup>141</sup>. La obra más original y duradera, junto con la creación del Circuito Nacional de Firms Especiales del que se hablará posteriormente, fue la creación de las Confederaciones Sindicales Hidrográficas como

---

BESTUÉ CARDIEL, ISABEL; CORTÉS PUYA, TRINIDAD; PUERTAS GARCÍA, ESTHER: “*Salto hidroeléctrico del Chorro. Estudio para la restauración del Caminito del Rey*”. Cuadernos de Investigación CEHOPU nº 1. CEDEX-CEHOPU. 2007; Fernando Sáenz Ridruejo en “*Los Ingenieros de Caminos*” Colegio de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, 1990.

<sup>138</sup> Por eso esta etapa es calificada por FERNANDO SÁENZ RIDRUEJO como la segunda edad de oro de las obras públicas españolas, sólo comparable a la desarrollada durante el gobierno largo de O’Donnell en torno a 1860. En “*Los Ingenieros de Caminos*” Colegio de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, 1990

<sup>139</sup> Fernando Sáenz Ridruejo en “*Los Ingenieros de Caminos*” Colegio de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, 1990.

<sup>140</sup> Fernando Sáenz Ridruejo en “*Los Ingenieros de Caminos*” Colegio de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, 1990.

<sup>141</sup> Dado que las carreteras y los ferrocarriles serán tratados en epígrafes independientes, nos centraremos en indicar unas nociones de los principales cambios introducidos en materia hidráulica y portuaria.

organismos autónomos, que impulsaban el aprovechamiento y administración de los recursos hídricos dentro de cada una de las cuencas. Esta iniciativa pionera a nivel mundial por la que se establecía una nueva estructura organizativa para la explotación de los recursos hidráulicos, demostró con el paso de los años ser una buena organización. Fue promovida de manera conjunta por Manuel Lorenzo Pardo<sup>142</sup> y por Rafael de Benjumea. El 5 de marzo de 1926 se firmó el Real Decreto en que se regulaban la constitución, las funciones, las competencias, la composición, la dirección técnica, el régimen económico y la intervención de los nuevos organismos: “*quedaban consagrados, ya desde el primer momento, los cuatro conceptos básicos de la planificación hidráulica española: unidad funcional del agua, marco geográfico de la cuenca, autonomía en la gestión y participación de los usuarios*”. A partir de este momento se crearán y organizarán las Confederaciones Hidrográficas en España, que llegarán hasta nuestros días<sup>143</sup>.

La actividad portuaria fue una de las menos necesitadas de la atención de Benjumea. Su principal acción se desarrolla en el ámbito legislativo con la aprobación el 19 de enero de 1928 de la nueva Ley de Puertos, que derogaba la de 1880.

Esta intensa labor desarrollada desde el Ministerio no dejó a nadie indiferente. Benjumea también contó con detractores, aunque son más los que reconocen su empeño, capacidad de trabajo y buen hacer. Sus actuaciones más controvertidas se

---

<sup>142</sup> Manuel Lorenzo Pardo (1881-1953) fue el creador y primer director de la primera Confederación creada en España, la del Ebro. Gran impulsor de la modernización de las obras hidráulicas, destacó por sus trabajos en la cuenca del Ebro, y por ser el autor del Plan Nacional de Obras Hidráulicas. Su plan nacional será planteado posteriormente en la Segunda República, bajo el Ministerio de Indalecio Prieto, aunque no llegará a realizarse.

<sup>143</sup> Se detallan a continuación y por orden cronológico, las fechas de creación de cada una de las Confederaciones:

- 5 de marzo de 1926: creación de la Confederación Hidrográfica del Ebro.
- 23 de agosto de 1926: creación de la Confederación Hidrográfica del Segura.
- 22 de junio de 1927: creación de la Confederación Hidrográfica del Duero.
- 22 de septiembre de 1927: creación de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.
- 15 de marzo de 1929: creación de la Confederación Hidrográfica del Pirineo Oriental

refieren a lo inapropiado de crear grandes instituciones autónomas<sup>144</sup> en su financiación, con capacidad de emitir deuda pública con la garantía del Estado. *“No es, por tanto, que se invirtiera más o menos, cuanto cómo se invirtió y en qué se invirtió, puesto que junto a obras inexcusables y ya abordadas con retraso, se realizaron otras, particularmente ferroviarias, de muy dudosa rentabilidad”*<sup>145</sup>.

En esta etapa la Escuela de Caminos también sufrió modificaciones. El conde de Guadalhorce prestó especial atención a las necesidades de ésta invirtiendo notables recursos del estado para su desarrollo. En 1926 se concedió a la Escuela la autonomía respecto del Estado. La independencia económica consecuenta a la obtención de personalidad jurídica, permitió atender a la mejora de la enseñanza, modernizando los medios docentes y potenciando los trabajos de investigación. En esta época finalizarán sus estudios en la Escuela de Caminos grandes ingenieros del siglo XX como Eduardo Torroja o Carlos Fernández Casado, que serán protagonistas en el campo de la ingeniería civil durante el siglo XX.

### **2.2.2.2 LOS FERROCARRILES EN LA DICTADURA DE PRIMO DE RIVERA.**

La crisis ferroviaria de la época anterior desembocó en el Estatuto ferroviario aprobado el 12 de julio de 1924, que paliaba la situación decadente de los ferrocarriles a cambio de ir desdibujando el carácter empresarial privado de las compañías. Desde 1920, como se ha comentado el apartado 2.2.1.2, el estado participaba en la financiación tanto de las obras y renovación de material como en los gastos de personal. El proceso iniciado conducía a la estatificación del negocio ferroviario, a través del establecimiento de un consorcio entre las compañías y el Estado. Según el Estatuto aprobado en 1924, a cargo del estado quedaban las mejoras de las infraestructuras y del material motor y móvil. Además atribuía al Estado la construcción de los nuevos ferrocarriles de interés general

---

<sup>144</sup> Entre ellas están las Confederaciones Hidrográficas, la Caja Ferroviaria o el Circuito Nacional de Firms Especiales.

<sup>145</sup> ORTÚNEZ GOICOLEA, PEDRO PABLO: “Reducción de competencias, mantenimiento del gasto (1914-1936)”. Revista Transportes, Servicios y Comunicaciones. Número 2.

y establecía la caja ferroviaria y deuda especial para su financiación<sup>146</sup>. Por lo tanto, constituía una herramienta que solucionaba los problemas ferroviarios por medio de las ayudas públicas a las compañías y del intervencionismo del Estado en la gestión de las mismas. Con la creación de la Caja Ferroviaria del Estado se intentaba encauzar la inversión pública en los ferrocarriles, financiando tanto la compra de material ferroviario como la construcción de nuevas líneas.

En cumplimiento del Estatuto, el real decreto de 5 de marzo de 1926 pone en marcha la construcción por el estado de un ambicioso “Plan Preferente de Urgente Construcción”, que incluye dieciséis nuevos ferrocarriles<sup>147</sup>. Las nuevas líneas pretendían mejorar la explotación de la red ferroviaria española de vía ancha, aumentando su densidad, acortando distancias y estableciendo relaciones más directas entre algunas zonas del

---

<sup>146</sup> Con esta medida se culmina un principio iniciado unos años antes, cuando el Estado hubo de hacerse cargo de la terminación de algunos ferrocarriles iniciados pero no terminados por los concesionarios respectivos, como el de Betanzos a Ferrol o el de Ávila a Salamanca, o bien se vio obligado por convenios internacionales a construir ciertas líneas fronterizas como la de Ripoll a Puigcerdá o de Lérida a St. Giron. URIOL SALCEDO, JOSE I: “*Historia de los caminos de España*”. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Colección de Ciencias, Humanidades e Ingeniería, nº 41. Madrid 1992.

<sup>147</sup> Las nuevas líneas que se propone construir el estado son:

- Madrid a Burgos.
- Cuenca a Utiel.
- Utiel a Lérida por Teruel y Caspe.
- Zamora a Orense y A Coruña.
- Jerez a Almargen.
- Totana a la Pinilla.
- Puertollano a Córdoba.
- Talavera de la Reina a Villanueva de la Serena.
- Toledo a Bargas.
- Soria a Castejón.
- Alicante a Alcoy.
- Circunvalación de Madrid.
- Málaga a Algeciras.
- Pamplona a Alduides.
- Plasencia a la frontera portuguesa.

URIOL SALCEDO, JOSE I: “*Historia de los caminos de España*”. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Colección de Ciencias, Humanidades e Ingeniería, nº 41. Madrid 1992.

país. Las jefaturas se hacen cargo también de las obras en marcha anteriores al Estatuto<sup>148</sup>.

En cuanto a las compañías, en esta época se debieron reestructurar<sup>149</sup> y en muchos casos ser socorridas por los auxilios del estado. En 1927 el Estado interviene la compañía Madrid-Cáceres-Portugal, y se integra en 1928 en una nueva compañía denominada “Compañía Nacional de los Ferrocarriles del Oeste”<sup>150</sup>. El hecho novedoso lo constituye que esta empresa es de carácter público.

En 1926 los ferrocarriles secundarios fueron agrupados por el gobierno de Primo de Rivera en torno a un organismo público denominado Servicio de Explotaciones del Estado. Se ocuparía de la gestión de las líneas concentradas mientras su titularidad

---

<sup>148</sup> Las líneas de las que se hace cargo el estado son las siguientes:

- Lérida a St. Girons.
- Valdezafrán a S. Carlos de la Rápita.
- Ferrol a Gijón (de vía estrecha).
- Murcia a Caravaca.
- Águilas a Cartagena.
- Puertollano a la Carolina.
- Vitoria a Estella (vía estrecha).
- Ávila a Salamanca.
- Huelva a Ayamonte.
- Madrid a S. Martín de Valdeiglesias (vía estrecha).

URIOL SALCEDO, JOSE I: “*Historia de los caminos de España*”. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Colección de Ciencias, Humanidades e Ingeniería, nº 41. Madrid 1992.

<sup>149</sup> La “Compañía de los ferrocarriles del sur de España” es adquirida por la “Compañía de los ferrocarriles andaluces” en 1929, ampliándose así con las líneas que discurren desde Linares a Almería y desde Moreda a Granada.

<sup>150</sup> Las líneas que forman la nueva compañía son:

- Líneas de MCP.
- Medina del Campo a Portugal por Salamanca.
- Medina del Campo-Zamora-Orense-Vigo.
- Ávila-Salamanca.
- Betanzos-Ferrol.

LENTISCO FLORES, DAVID: “*Cuando el hierro se hace camino. Historia del Ferrocarril en España*” Alianza Editorial, S.A. Madrid, 2005.

continuaba en manos de las compañías privadas. Con esta medida se intentó interconectar las pequeñas redes de vía estrecha entre sí, y a su vez con los ferrocarriles de ancho convencional, a fin de aumentar los anchos y mejorar los resultados de las explotaciones.

En este periodo se produce un descenso en el uso del transporte por ferrocarril, primero de manera lenta pero que a finales de la década era ya acusada. Son los años del despegue del transporte por carretera en vehículos automóviles, lo que suponía la finalización del monopolio que ostentaba el transporte por ferrocarril.

### **2.2.2.3 LAS CARRETERAS EN LA DICTADURA DE PRIMO DE RIVERA.**

A partir de 1925, fecha en la que ocupa el cargo de Ministro de Fomento Rafael Benjumea y Burin, en el marco de las carreteras se empiezan a fraguar dos grandes proyectos que servirán a la modernización de estas vías en España.

El primero de los hitos mencionados se corresponde con la aprobación por Real Decreto-Ley de 9 de febrero de 1926 del Circuito Nacional de Firms Especiales, que va a transformar la red principal de las carreteras españolas para así fomentar el turismo y satisfacer principalmente la circulación del automóvil<sup>151</sup>. Inicialmente la red

---

<sup>151</sup> En la exposición de motivos del Real Decreto-Ley del 9 de febrero de 1926 por el que se crea el Circuito Nacional de Firms Especiales se refiere lo siguiente: *“El alto interés nacional de fomentar el turismo, enalteciendo las bellezas naturales y la riqueza artística de España, proporcionando para ello los medios fáciles y gratos de simultanear la seguridad de la circulación, ante una esmerada conservación de las carreteras, con la grata impresión que suponen abandonar la lucha secular con los baches y con el polvo, enemigos poderosos de la circulación de automóviles, y al propio tiempo la imperiosa necesidad de cambiar el sistema técnico de la construcción de los firms con sujeción a las características exigidas en cada localidad por la intensidad y condiciones de tráfico moderno, obligan a preparar una organización especial que facilite la realización de esta mejora, de este cambio radical del sistema, que si no permite abordar la rápida transformación de toda la red de carreteras españolas, sea suficiente a lograr la reforma y conservación de las comunicaciones principales, las que constituyan el enlace de las poblaciones de mayor importancia y los circuitos de gran valor histórico y artístico.*

*Para lograr este fin se segregarán de la red de carreteras generales los itinerarios principales, y agrupados en circuitos parciales, se formará con su conjunto el Circuito Nacional de Firms Especiales, para cuya construcción y conservación se creará un Patronato administrativo y una Dirección técnica*

considerada contaba con una extensión de 6.700 kilómetros (que posteriormente se extendería a 7.000 kilómetros), formados por itinerarios cerrados salvo en las fronteras y Cartagena<sup>152</sup>. El total de circuitos a tratar según el Real Decreto eran quince<sup>153</sup>, que

*anexa, a cuyo organismo se dotará de recursos especiales y de facultades amplias para su funcionamiento.*

*Los recursos serán aportados por el Estado y las Diputaciones y Ayuntamientos interesados, con cuyas aportaciones y los impuestos especiales que sobre la rodadura podrán establecerse, se formará una anualidad suficiente a atender el interés y amortización del capital empleado en la reparación y conservación en los años que se convenga.*

*Los circuitos especiales comprendidos en el Circuito Nacional de Firms Especiales, se ordenarán por una preferencia de interés general, primero, y después en relación a las mayores facilidades y cooperaciones que las provincias interesadas ofrezcan; el número total de los circuitos a construir se ajustará a los medios económicos que se reúnan, pudiendo extenderse a cuantos en este Real Decreto se enumeran, o bien a mayor número, si posible fuera atenderlos.*

*Es base fundamental de esta propuesta que no haya de imponerse al Estado ningún nuevo sacrificio, y tenga que contribuir tan sólo con los recursos que figuran en los Presupuestos ordinarios, debiendo ser las Diputaciones y Ayuntamientos, beneficiados con el turismo, y los automóviles y carros, que en la economía de la tracción han de encontrar amplia compensación, los que deberán cooperar a completar las cantidades necesarias”. Real Decreto-Ley de 9 de Febrero de 1926 de creación del Circuito Nacional de Firms Especiales.*

<sup>152</sup> URIOL SALCEDO, JOSE I: “*Historia de los caminos de España*”. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Colección de Ciencias, Humanidades e Ingeniería, nº 41. Madrid 1992.

<sup>153</sup> Los itinerarios estaban divididos en tres secciones, en las que se incluían los itinerarios:

1. sección noroeste:
  - Itinerario 1º: Madrid-Irún.
  - Itinerario 8º: San Sebastián, Bilbao, Santander. Oviedo, León, Astorga, Ponferrada, Barco de Valdeorras, Orense, Vigo.
  - Itinerario 14: Vigo, Pontevedra, Santiago, Coruña, Betanzos, Ferrol, Oviedo.
  - Itinerario 4º: Madrid, Ávila, Salamanca.
  - Itinerario 3º: Salamanca, Valladolid, Burgos.
  - Itinerario 13: Burgos, Santander.
2. sección este:
  - Itinerario 2º: Madrid, Guadalajara, Zaragoza, Lérida, Barcelona, Gerona, Frontera francesa.
  - Itinerario 10: Madrid, Tarancón, Requena, Valencia.
  - Itinerario 11: Ocaña, Albacete, Murcia, Cartagena.
  - Itinerario 12: Barcelona, Tarragona, Castellón, Valencia, Alicante, Murcia, Almería, Motril.
3. sección sur:
  - Itinerario 1º: Madrid, Bailén, Jaén, Granada, Motril, Málaga, Algeciras, Cádiz, Sevilla, Córdoba, Bailén.

podrían ser modificados, estableciendo prioridades en la ejecución, tal y como establece el artículo 2º: “La preferencia en la construcción se dará con relación a su importancia general, considerando en primer término los itinerarios de Irún, Madrid, Córdoba y la vuelta de Andalucía, en atención principalmente a la Exposición Hispano Americana. Después de los que se acepten como de interés general, se dará preferencia en la construcción de los restantes a aquellos para que las provincias interesadas ofrezcan mayor auxilio”<sup>154</sup>.



- Itinerario 6º: Madrid, Illescas, Toledo.
- Itinerario 7º: Toledo, Guadalupe, Mérida.
- Itinerario 8º: Madrid, Cáceres, Badajoz, Frontera Portuguesa.
- Itinerario 9º: Mérida, Sevilla.

Añade en el artículo 1º: “A estos itinerarios se podrán agregar los que proponga el Patronato que por este Decreto-ley se crea, así como modificar los anteriores o añadir los que estime el Gobierno de interés general mediante el oportuno Decreto”. Real Decreto-Ley de 9 de Febrero de 1926 de creación del Circuito Nacional de Firms Especiales.

<sup>154</sup> Real Decreto-Ley de 9 de Febrero de 1926 de creación del Circuito Nacional de Firms Especiales.

Itinerarios previstos para el Circuito Nacional de Firmes Especiales<sup>155</sup>.

Las principales mejoras que introduce este plan afectan a las características técnicas de las carreteras. Los circuitos seleccionados se reformarían todos con firmes especiales y además se suprimirían los pasos a nivel con el ferrocarril, se ampliarían las curvas dotándolas de sobreechanco y de peralte, y se mejorarían las travesías y rasantes en lo que sea posible. Todo ello con el objetivo de mejorar y facilitar la circulación del automóvil por las principales vías de comunicación, en perjuicio de las diligencias y grandes carromatos de transporte de mercancía que serían prohibidos. La mayor inversión se centraba en modificar los afirmados, sustituyendo el macadam ordinario por los siguientes firmes:

- Macadam con riegos asfálticos.
- Macadam con riegos de alquitrán.
- Macadam de hormigón asfáltico.
- Hormigón mosaico sobre cimiento de hormigón.
- Hormigón en masa.
- Adoquinado.

La inversión por la transformación de las carreteras españolas fue considerable, sin duda un gran esfuerzo para las arcas del estado, que obtuvo el resultado previsto de completa modernización de los viales, *“hasta el punto de que puede decirse que nunca se han ejecutado en España obras tan importantes de esta naturaleza”*<sup>156</sup>, causando notable admiración entre ilustres visitantes europeos como Le Corbusier o Charles L. Freeston. El circuito proporcionó unas espléndidas carreteras, adelantándose a la expansión automovilística que se avecinaba.

El otro gran hito que se produce durante el mandato del conde de Guadalhorce lo constituye el hecho de promover la construcción de autopistas de acceso restringido, sin

---

<sup>155</sup> URIOL SALCEDO, JOSE I: *“Historia de los caminos de España”*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Colección de Ciencias, Humanidades e Ingeniería, nº 41. Madrid 1992.

<sup>156</sup> AGUILAR LÓPEZ, MANUEL: *“Los afirmados modernos en España”*. Revista de Obras Públicas, Nº 2513, Madrid 1928.

pasos a nivel sólo para automóviles. Siguiendo las corrientes europeas, en 1927 el marqués de Argelita propone la construcción de la autopista de Madrid a Valencia de 340 kilómetros de longitud y 10 metros de ancho, sin pasos a nivel y financiado por medio de los peajes. A partir de ese momento se suceden las autorizaciones y concursos para otorgamiento de las concesiones de construcción y explotación de autopistas, promovidas desde el gobierno estatal para dar esplendor a la expansión del turismo y transformar de modo especial la distribución y condiciones del transporte. Nunca llegarán a construirse debido a las escasas intensidades de tráfico en aquellos años en España, a las dificultades económicas del momento y al posterior cambio gubernamental llegado con la segunda república, que dejaría sin efecto las concesiones otorgadas.

El ritmo de construcción de carreteras que no pertenecen al Circuito Nacional continúa igual que en épocas anteriores. El acondicionamiento de la red principal de carreteras que se produce durante este periodo, permitirá y potenciará el automóvil para hacerlo competitivo respecto al transporte ferroviario.

### 2.2.3 LA SEGUNDA REPÚBLICA

La Segunda República Española fue una época de grandes cambios, progresos y avances para el país, pese a su corta duración. Demandada por una sociedad cansada y harta de los anteriores regímenes que los mantenían al margen de las decisiones al tiempo que desestimaban las reivindicaciones de un pueblo extremadamente empobrecido, supuso una modernización que situó al país a la altura de los países progresistas occidentales.

Tras la dimisión de Primo de Rivera, Alfonso XIII como rey de España, intentó restablecer el régimen monárquico, pero esta vez a través de la senda constitucional y parlamentaria. Este cambio de régimen, motivado más por su deseo de mantenerse en el poder que por su convicción, se producía demasiado tarde, y no llegó a fraguarse porque no contaba tan siquiera con el apoyo de los militares, que no le perdonaban la marcha de Primo de Rivera. En las elecciones municipales que se celebraron el 12 de abril de 1931, pese a que los monárquicos obtuvieron mayor número de votos, se constató el derrocamiento de la corona. Los republicanos triunfaron en 41 capitales de provincia, urbes en las que el voto no estaba ni manipulado ni impuesto como ocurría en las zonas rurales aún doblegadas por el caciquismo, por lo que representaban el sentir general del pueblo. Niceto Alcalá Zamora, representante del nuevo régimen, solicitó la marcha del rey, que huyó al exilio sin abdicar en la noche del 14 de abril de 1931, fecha que marcará el inicio de la Segunda República<sup>157</sup>.

El nuevo régimen es acogido con entusiasmo en medio del fervor popular. Suponía un cambio radical tanto para la sociedad como para la economía o la política. Los principales problemas del país en el momento eran los siguientes:

- Problemas económicos: en un contexto de crisis mundial, España presentaba síntomas drásticos de depresión económica. El país aún no modificara la estructura productiva y la población activa se concentraba principalmente en actividades agrícolas. No existía industria suficiente y potente y el paro obrero

---

<sup>157</sup> El 14 de abril de 1931 es la fecha oficial en la que se proclama la Segunda República Española. Sin embargo, en el día anterior, algunas ciudades del país ya habían proclamado este nuevo régimen. Entre ellas se encuentran Sahagún (León), Éibar (Guipúzcoa) y Jaca (Huesca).

en las urbes era cada vez mayor. Se hacía necesario emprender una reforma agraria que procediera al reparto de la propiedad agrícola, hasta ahora en manos de unos pocos latifundistas, y también medidas para potenciar la creación y protección de industrias de ámbito nacional como medida de remisión del paro obrero.

- Problemas sociales: entre los más destacados están los relacionados con el problema religioso y con los derechos individuales. Por un lado, se buscaba crear un Estado laico, procediendo a la separación de la comunión entre Iglesia-Estado hasta entonces intocable. Asimismo, se pretendía limitar el poder económico de las congregaciones religiosas y romper el monopolio que éstas mantenían en la educación. En cuanto a la sociedad, en aras de representar un nuevo estado de progreso, las demandas se encaminaban a garantizar los principales derechos individuales de igualdad ante la ley, igualdad entre ambos sexos, libertad de expresión y de opinión, etc.
- Problemas políticos: la autonomía que venía reclamando Cataluña era una de las cuestiones que hasta ahora no se habían abordado y que demandaba una resolución. Además se trataba de entregar el poder al pueblo, que elegiría a sus representantes a Cortes a través de unas elecciones. El poder se ejercería desde una sola cámara, las Cortes, también denominadas Congreso de los Diputados.

Todas estas demandas se contemplarían en la Constitución que fue aprobada el 9 de diciembre de 1931. Pero cada gobierno, en función de su signo político, las interpretaría a su modo, y promovería medidas más o menos radicales para llevarlas a cabo. Básicamente, las reformas promovidas por unos, eran modificadas por los partidos de tendencia opuesta cuando alcanzaba el poder. Esto fue una constante en el periodo de estudio, lo que provocó cierta crispación, desánimo y potenció la caída de este régimen.

Tras la proclamación de la Segunda República, se instauró un gobierno provisional hasta el 28 de junio del mismo año, día en el que se celebraron elecciones generales. Comienza el denominado bienio progresista, que se mantendrá en el poder hasta noviembre de 1933. En este periodo se producirán los principales cambios legislativos que implicaban modificaciones en los regímenes social y económico: aprobación de la ley del divorcio, reformas del ejército, aprobación del Estatuto Catalán, Ley de Bases para la reforma agraria y Ley de Congregaciones, entre otras. Todo esto garantizado por

la Constitución del 9 de diciembre de 1931. Sin embargo, la situación social seguía siendo tensa, entre grupos cada vez más radicalizados que dieron lugar a enfrentamientos entre las masas obreras y el gobierno<sup>158</sup>, y entre representantes de la izquierda y grupos de extrema derecha recién constituidos. Los militares también intentaron derrocar el nuevo régimen a través de un golpe de estado llevado a cabo sin éxito el 10 de agosto de 1932 y dirigido por el General Sanjurjo. En septiembre de 1933 cae el primer gobierno republicano, y ante la imposibilidad de formar otro, el 19 de noviembre se realizan elecciones generales a las que por vez primera concurre el voto femenino.

El segundo período de la república comienza con el triunfo en las elecciones generales de los representantes de la derecha. Los partidos más votados son la CEDA<sup>159</sup>, dirigidos por Gil-Robles, y el Partido Republicano Radical, comandado por Alejandro Lerroux. Ambos formarán una coalición que se mantendrá hasta el 16 de febrero de 1936. El problema económico, del paro y agrario principalmente, seguía suponiendo la principal dificultad a la que se enfrentaban los gobernantes, unidos al clima de agitación social reinante, cada vez más polarizado. Las primeras medidas que tomó este gobierno fueron reaccionarias respecto al anterior, esto es, anularon las reformas comenzadas en el bienio progresista para contentar así a los sectores más acomodados de la sociedad, con la Iglesia al frente. El malestar desembocó en la que se conoce como “revolución de octubre” de 1934<sup>160</sup>, que el gobierno sofocó con duras medidas represivas. El descontento general con el gobierno era palpable, acrecentado tras los escándalos de

---

<sup>158</sup> Entre los incidentes destacables en este período cabe recordar los sucesos de Gilena (Andalucía), Castillblanco (Extremadura) y Casas Viejas (Andalucía).

<sup>159</sup> Confederación Española de Derechas Autónomas.

<sup>160</sup> Esta revolución fue promovida por los principales sindicatos de la izquierda española. Tuvo especial incidencia en Cataluña y Asturias, donde el enfrentamiento se mantuvo entre el 5 de octubre y el 19 del mismo mes. La violencia con la que el gobierno sofocó la revuelta, fue motivo de grandes críticas por amplios sectores de la sociedad. La represión posterior también se caracterizó por su dureza. Además, en Cataluña Lluís Companys, líder de Esquerra Republicana de Cataluña y presidente de la Generalitat, proclamó el 6 de octubre de 1934 el Estado Catalán dentro de la República Federal Española. Este acto se saldó con 40 víctimas, la detención de Lluís Companys junto con su gobierno y la suspensión del Estatuto catalán.

corrupción que implicaban al mismo<sup>161</sup>. El descrédito generalizado hacia estos políticos adelantó la convocatoria de las elecciones generales para el 16 de febrero de 1936.

En estas elecciones se produce el triunfo indiscutible del Frente Popular, coalición de todos los partidos de izquierda excepto la CNT<sup>162</sup>. Sólo había dos opciones en este marco: la izquierda, representante de las masas obreras y de las tendencias liberales, o la derecha, dividida entre grupos moderados y sectores extremos cada vez más en alza. No era más que el reflejo de una sociedad polarizada, cada vez más enfrentada, cuyas posturas divergían de manera exponencial. No había punto de encuentro ni común. El gobierno que salió de dichas elecciones tenía como principal misión sofocar los ánimos candentes y reprimir todo acto vandálico. Sus primeras acciones se limitaron a restablecer las leyes y reglamentos que en el anterior periodo radical cedista se habían derogado, tales como el estatuto de Cataluña, la reforma agraria y la movilización dentro del ejército de aquellas personas que no mostraban su afinidad al régimen establecido democráticamente. Pero la lucha en la calle era constante entre los sectores de la izquierda, que demandaban una revolución, y los de la extrema derecha, cuya misión era el derrocamiento de un régimen democrático con el que nunca estuvieron de acuerdo. Es así como se llega a la sinrazón de una guerra civil. Tras el asesinato del teniente del Castillo, de tendencia republicana, a manos de un grupo de fascistas, se responde con el asesinato de José Calvo Sotelo, el 14 de julio de 1936. El levantamiento militar que ya llevaban tiempo planificando los altos mandos del Ejército, se precipita en Marruecos el 17 de julio de 1936. Comienza uno de los períodos más fatídicos de la historia de la España contemporánea: la Guerra Civil.

### **2.2.3.1 LA INGENIERÍA DE CAMINOS EN LA SEGUNDA REPÚBLICA.**

---

<sup>161</sup> El más destacable es el escándalo del estraperlo, que implicaba a Aurelio Lerroux, sobrino de Alejandro Lerroux, y a Rafael Salazar Alonso, ministro de Gobernación del Partido Republicano Radical. Strauss, Perel y Lowann sobornaron a varios políticos, entre ellos los mencionados anteriormente, para que autorizaran la instalación de una ruleta en el Casino de San Sebastián, cuyo funcionamiento era fraudulento. Cuando se demostró el engaño, el escándalo saltó a la luz pública destapando toda la trama de corrupción, suponiendo el derrumbe del Partido Radical.

<sup>162</sup> Confederación Nacional del Trabajo.

En este periodo de flamante actividad política, la actividad en materia de obras públicas fue escasa. A esto contribuyeron varios factores, de entre los cuales los más importantes provenían de la escasa permanencia de los políticos en el poder y de la aguda crisis económica en la que estaba inmerso el país. Así, entre 1931 y 1936 se suceden en el cargo hasta diez ministros de Obras Públicas, algunos de los cuales repetirán en el puesto, que no serán capaces de sacar adelante ninguna de sus reformas o proyectos por lo efímero de su mandato<sup>163</sup>.

La política en obras públicas durante la Segunda República fue variable. A la dificultad de aprobar los planes propuestos, se unía el hecho de centrarse en unos objetivos que más tenían que ver con el interés político que con la necesidad real de la inversión. Un claro ejemplo de ello lo demuestra el empeño de algunos en la construcción de un túnel de 35 kilómetros bajo el estrecho de Gibraltar, en cuyo proyecto se emplearon medios técnicos y materiales más necesarios en otras áreas, vista la situación económica del país<sup>164</sup>. El Plan Obras Públicas de urgente construcción para Andalucía, Murcia,

---

<sup>163</sup> Las personas que ocupan el ministerio durante la II República hasta el comienzo de la Guerra Civil el 19/07/1936 son:

- 14/04/1931 a 16/12/1931: Álvaro de Albornoz Limiana.
- 16/12/1931 a 12/09/1933: Indalecio Prieto Tuero.
- 12/09/1933 a 04/10/1934: Rafael Guerra del Río.
- 04/10/1934 a 03/04/1935: Cid-Ruiz Zorrilla.
- 03/04/1935 a 06/05/1935: Rafael Guerra del Río.
- 06/05/1935 a 25/09/1935: Manuel Marraco Ramón.
- 25/09/1935 a 14/12/1935: Luis Lucia Lucia.
- 14/12/1935 a 19/02/1936: Cirilo del Río Rodríguez.
- 19/02/1936 a 13/05/1936: Santiago Casares Quiroga.
- 13/05/1936 a 19/07/1936: Antonio Velao Oñate.
- 19/07/1936 a 19/07/1936 (4 horas): Antonio Lara Zárate.
- 19/07/1936: Antonio Velao Oñate.

<sup>164</sup> En el artículo de Fernando García Arenal y Winter, publicado en la ROP en 1933 bajo el título de “La política de obras públicas” realiza una justificación, empleando argumentos sociales, técnicos, militares y económicos, de lo innecesario de abordar este estudio, y por lo tanto, de ejecutar dichos proyecto: “*El túnel bajo el Estrecho de Gibraltar es, por lo tanto: económicamente, una ruina; tácticamente, una inutilidad, y técnicamente, una imposibilidad casi absoluta. ¿A qué, pues, gastar en estudios y preparación de un proyecto que no ha de realizarse? ¿No sería mejor dejar a un lado esas utopías y concentrar los esfuerzos económicos en obras de resultado más positivo? Sobre todo cuando tenemos*

Extremadura, La Mancha, Ceuta y Melilla, a las que posteriormente se uniría Madrid<sup>165</sup>, se aprobó por Ley el 28 de agosto de 1931, en un intento de estimular la economía a través de la inversión en obra pública, siendo ministro Álvaro de Albornoz. Aunque esto fue así, promovía un claro desequilibrio regional en el que se veían claramente perjudicadas las regiones del Noroeste favoreciendo a la zona Centro-Sur, siendo duramente criticado desde las filas del Cuerpo de Ingenieros de Caminos, que para un nuevo plan exigían la distribución equitativa de las obras para todas las regiones<sup>166</sup>. Bajo el ministerio de Indalecio Prieto se elaboró un proyecto de ley de obras públicas contra el paro que preveía una inversión de cinco mil millones de pesetas<sup>167</sup>, que no se llegó a aprobar, aunque fue muy discutido.

La época de Indalecio Prieto es destacable por ser el hombre con mayor continuidad en el cargo y por la firmeza en sus propuestas<sup>168</sup>, cuestionadas en algunas ocasiones. Bajo su mandato potenciará la política de inversión en obras hidráulicas, limitando la ejecución de carreteras y ferrocarriles. En palabras de Indalecio Prieto: *“En carreteras se ha hecho bastante y en ferrocarriles demasiado...en cambio juzgo poco lo invertido*

---

*tantas y tantas por realizar sin salir del solar patrio”*. GARCIA ARENAL Y WINTER: *“La política de obras públicas”*. Revista de Obras Públicas, número 2624. Año 1933.

<sup>165</sup> Por Decreto de 13 de diciembre de 1932.

<sup>166</sup> *“No condenamos, pues, el que se intensifiquen las obras públicas; al contrario, entendemos que es lo mejor que se puede hacer; pero sí quisiéramos que el nuevo plan no fuese una improvisación más, sino el resultado de un estudio concienzudo, con todos los asesoramientos necesarios; técnicos, financieros, económicos, etc., y distribuido equitativamente entre todas las regiones que contribuyen al Estado central. No se puede seguir volcando el presupuesto, por ejemplo, en las regiones del Centro y del Sur, abandonando a las del Noroeste, simplemente porque los moradores de las últimas sean más sufridos y resignados. La crisis la padecen igual todas las regiones, y las obras públicas son también igualmente necesarias en todas, si bien en cada una del carácter peculiar que a su clima, situación geográfica, densidad de población, etc., corresponde”* (sic) Fernando García Arenal y Winter. ROP, número 2624, Año 1933.

<sup>167</sup> CARREÑO RODRÍGUEZ-MARIBONA, ÁNGEL MARIO *“Los ingenieros de caminos en la década 1930-1939. De la zanja del olvido al olvido de la zanja”*. Edición de Ángel Mario Carreño Rodríguez-Maribona. Noviembre 2009.

<sup>168</sup> En su declaración en el periódico *“El Sol”* de Madrid el día 24 de diciembre de 1931 afirma: *“Yo he venido aquí a cumplir con mis obligaciones, y las cumpliré como me las dicte mi conciencia y mi ideal. Sin tibiezas, dudas ni vacilaciones. Si es preciso que en ello me estrelle, me estrellaré”*.

*en obras hidráulicas, por lo que van hacia ello todas mis preferencias*”<sup>169</sup>. Será el principal impulsor, junto con Manuel Lorenzo Pardo, del Plan Nacional de Obras Hidráulicas<sup>170</sup>, que no se llegará a aprobar, y creadores ambos del Centro de Estudios Hidrográficos<sup>171</sup>. Su apoyo a la ejecución de este tipo de obras se basaba en la convicción firme de que los regadíos proporcionarían trabajo y riqueza a la población<sup>172</sup>. Entre las principales materias que se desarrollaron en esta etapa, a parte del Plan Nacional de Obras Hidráulicas, destacan los relativos a la ordenación urbana de las grandes ciudades del país. Se hacía necesario reordenar los accesos tanto por carretera como por ferrocarril, al mismo tiempo que conectar y unir puntos estratégicos dentro de la ciudad, como eran las estaciones de ferrocarril. Esto debía estar inmerso dentro de un proyecto general de urbanización de estas ciudades, cuyo crecimiento periférico descontrolado había supuesto un caos en la organización funcional de las mismas. Por todo ello, se creó el Gabinete de Accesos y Extrarradio en Madrid así como

---

<sup>169</sup> Declaraciones de Indalecio Prieto a “El Sol” el 24 de diciembre de 1931.

<sup>170</sup> El plan Nacional era básicamente un plan de regadíos a realizar en 24 años, que suponía la transformación de 1.286.000 hectáreas de secano a regadío. Se encargó de su redacción Manuel Lorenzo Pardo a través del Centro de Estudios Hidrográficos, que se ocupó asimismo de publicitarlo a lo largo de todo el territorio español. Este plan contaba con impulsores acérrimos, Lorenzo Pardo y Prieto, y con detractores como José Nicolau. Fue presentado a las Cortes el 31 de mayo de 1932, tras ser sometido al dictamen del Consejo de Obras Públicas. No se llegó a aprobar en el Parlamento y tras la salida de Prieto del gobierno, quedó más como un tema de discusión que como una realización práctica.

<sup>171</sup> El Centro de Estudios Hidrográficos fue creado por Decreto del 22 de febrero de 1933 con la función principal de elaborar con urgencia un plan nacional de obras hidráulicas. Al frente del mismo se situó a Manuel Lorenzo Pardo.

<sup>172</sup> Indalecio Prieto declaraba: “*Yo sueño con ver asentadas millares y millares de familias en las tierras próximas a los grandes pantanos construídos mediante el esfuerzo económico de todo el país. Sueño con ver que a esas familias el Estado les facilita tierras que pueden ser cómoda base de sustento, sin expropiar a nadie, pero sin consentir tampoco que nadie retraiga hacia sí el fruto de un esfuerzo común. Sueño con ver asentadas sobre tierras antes reseca y hoy verdeantes por el riego a colonias de agricultores levantinos, que sean como núcleos instructores en faenas agrícolas de cultivo cuidadoso e intensivo, ignoradas hoy por la inmensa mayoría de nuestros trabajadores agrícolas. Sueño con que las obras de irrigación realizadas a lo norteamericano puedan ser, sin asustar a los actuales poseedores de las tierras, pero sin procurarles tampoco nuevas y fantásticas ventajas, la solución más firme de nuestro vasto problema agrario... Digo que sueño, porque de todo esto, en cuanto a su aspecto jurídico, no tengo una idea concreta, firme: ese problema está todavía envuelto en las neblinas de lo impreciso, pero créame, que esas neblinas son ahora en mi ánimo como el nimbo de una formidable esperanza*” (sic). Declaraciones de Indalecio Prieto a “El Sol” el 24 de diciembre de 1931.

las Comisiones de enlaces ferroviarios en Madrid, Barcelona, Bilbao y Zaragoza. De estos organismos se hablará posteriormente en los epígrafes de carreteras y ferrocarriles respectivamente.

Prieto se caracterizó por ser un ministro impulsivo<sup>173</sup> en ciertas ocasiones, criticado por llevar a cabo una política de obras públicas que trataba de manera aislada los puertos, caminos, ferrocarriles y obras hidráulicas, como grupos independientes en lugar de realizar una planificación conjunta de todos los ámbitos para conseguir una completa articulación de las obras públicas<sup>174</sup>. Sin embargo se valora en él que en época de recursos escasos se centrara en una visión más planificadora y menos electoralista, haciendo surgir dos iniciativas de poca entidad financiera pero de gran repercusión para el país y sus ciudades: las Comisiones de Enlaces Ferroviarios y el Gabinete de Accesos y Extrarradio<sup>175</sup>. Su afán planificador no limitó la capacidad de ejecución de obra pública, que seguía realizándose bajo su mandato.

---

<sup>173</sup> En referencia al ministro Indalecio Prieto se escribe “*pero si su gran impresionabilidad le conduce fácilmente a cambiar de orientación, esto mismo revela que no estaba bien preparado para encauzar de manera rápida la transformación de la vida nacional en materia como las obras públicas, sin duda la más fundamental para que se opere el ansiado progreso del país...Este sistema de tejer y destejer, de retrasar la marcha de los trabajos emprendidos por otros para desarrollar los de su especial predilección, ha sido el método seguido tantas veces en España, en descrédito de la política que tan alta quisiera ver el Sr. Prieto. Este temperamento impulsivo del ministro, que le hace proceder con tal rapidez, conduce forzosamente a situaciones difíciles, porque en todos los problemas de esta naturaleza hay siempre factores encontrados a los que no debe darse motivo de lucha hasta estar el problema perfectamente terminado*”. Revista de Obras Públicas, número 2611, Año 1932.

<sup>174</sup> Desde la Revista de Obras Públicas se indica: “*de nada sirve hacer obras hidráulicas si, al ponerlas en producción, no se dispone de medios de transporte y puertos bien dotados que conduzcan las mercancías a los centros de consumo*” Revista de Obras Públicas, número 2611, Año 1932.

En el artículo de Fernando García Arenal y Winter publicado en la Revista de Obras Públicas en 1933 (Nº 2624) justifica la necesidad de realizar una planificación conjunta de las obras públicas con las siguientes palabras: “*De poco servirá, por ejemplo, construir muchos pantanos y crear extensas zonas de regadío si no se hacen ferrocarriles y caminos para sacar los productos de la tierra y llevar abonos y materiales de construcción, etc., o aumentar las condiciones de seguridad, línea de atraque y medios de descarga en los puertos, si muchos de éstos siguen como hasta aquí, unidos al interior por líneas de ferrocarril que dan grandes rodeos para llegar a los centros de consumo*”.

<sup>175</sup> AGUILÓ ALONSO, MIGUEL: “*Ingeniería vs obras públicas en el periodo de entreguerras*”. Revista de Obras Públicas, Nº 3434, Año 2003.

Mantuvo constantes desencuentros con los Ingenieros de Caminos, que en esta época ya en su mayoría, eran miembros asentados de la clase conservadora. Su idea de que este colectivo intentaba controlar el poder del ministerio, le hizo iniciar un pulso con la mayoría de los miembros de este Cuerpo del Estado<sup>176</sup>. Nada más ocupar la cartera de Ministro del entonces Ministerio de Obras Públicas, realiza unas impactantes declaraciones en el diario “El Sol” de Madrid el día 24 de diciembre de 1931 que iniciarán los enfrentamientos entre el Ministro y el Cuerpo de Ingenieros de Caminos: *“Sí le diré, dándole ya vuelos de publicidad... y es que yo vengo resuelto a no dejarme asfixiar por el Cuerpo de Ingenieros de Caminos, que tiene en este departamento una red burocrática excesiva, desorbitada, un tanto apartada de la esfera puramente técnica que corresponde a ese Cuerpo. Y conste que conozco el valor inestimable que tiene la técnica para el desarrollo de una gestión política, y más que en ningún otro departamento ministerial, en este que yo ocupo; ahora bien: una cosa es reconocer en todo su valor esa función asesora, y otra muy distinta tolerar y fomentar, consciente o inconscientemente, que la técnica desemboque de un modo caudaloso en el estuario de la burocracia, y así, deje sumergidas todas las posiciones directoras que corresponden al ministro. Desde luego, yo vengo dispuesto a no dejar que me ahoguen. Me ha parecido prudente exponer sin veladuras este recelo mío, que acaso sea exagerado, no lo niego, pero que no carece de fundamento”*. Las réplicas por parte del colectivo no se hicieron esperar en publicaciones técnicas como la Revista de Obras Públicas o en periódicos diarios como “El Liberal”, en las que respondían del siguiente modo: *“esas manifestaciones rotundas de que sobra el 50 por 100 del personal, y de que éste no cumple la misión que se le tiene confiada, carecen de razón, y así hemos visto con asombro que el ministro habla de la impotencia en que se encuentra para coordinar los servicios del personal, que le asfixia tanto más cuanto más alta es su gestión. Y en ese laberinto de palabras en que llega a decir que la política está por encima de la ciencia, asegura –confesando que no conoce a fondo estas cuestiones- que el Consejo de Obras*

---

<sup>176</sup> Sin embargo, el colectivo *“se ofrece con todo entusiasmo a los poderes públicos para trabajar intensamente en la preparación de ese plan, de modo análogo a lo que se hizo en otras ocasiones, y que tan beneficiosos resultados produjo, elevando en proporciones insospechadas, la riqueza de nuestra patria”* Revista de Obras Públicas, número 2611, Año 1932.

*Públicas con su amplitud de atribuciones, unas naturales y otras artificiosas, constituye un organismo superior jerárquicamente al propio ministro. La Cámara, dócil y sugestionada por la palabra fácil del ministro, asintió como si esto fuera verdad; pero ¿en qué hecho se funda tan peregrina afirmación. El Consejo de Obras públicas, que, como todo organismo, es susceptible de mejora, cobró alto prestigio en la Administración española por la independencia de su actuación y por su solvencia moral, de todo lo cual ha dejado rastro indeleble en todo el proceso de las obras públicas, que constituyen el patrimonio más saneado de la nación”*<sup>177</sup>. Indalecio Prieto, en virtud de la Ley de 11 de agosto de 1932<sup>178</sup>, separó del Cuerpo sin expediente a varios de sus miembros<sup>179</sup>. El ministro no cedió a las peticiones que desde la Asociación de Caminos y desde las Cortes se le hicieron. Como acto que muestra cierta responsabilidad por parte del Ministro, se encuentra el nombramiento de sus colaboradores basándose en la competencia técnica, como es el caso de Manuel Lorenzo Pardo, y no en criterios más arbitrarios. Sin embargo el desencuentro con los ingenieros duraría hasta el final de su mandato, que algunos Ingenieros de Caminos recibieron con alivio<sup>180</sup>.

---

<sup>177</sup> Revista de Obras Públicas, número 2611, Año 1932.

<sup>178</sup> Ley de 11 de agosto de 1932 autorizando al Gobierno para separar definitivamente del servicio a los funcionarios civiles o militares que, rebasando el derecho que les otorga el artículo 41 de la Constitución, realicen o hayan realizado actos de hostilidad o menosprecio contra la República.

<sup>179</sup> La Asociación apoyó jurídica y económicamente a estos expulsados y desde la Revista de Obras Públicas se abrió una suscripción para auxiliarles. La Comisión Central de la Asociación visitó al Ministro para exponerle y pedirle la solución para los ingenieros castigados, y aunque la entrevista pareció discurrir bien para los intereses del Cuerpo, Indalecio Prieto no cedió posteriormente en su postura. Estos Ingenieros expedientados no serían repuestos en su cargo hasta que se firmaron los decretos de reposición durante el bienio radical-cedista. CARREÑO RODRÍGUEZ-MARIBONA, ÁNGEL MARIO: “*Los Ingenieros de Caminos en la década de 1930-1939*”. Edición de Ángel Mario Carreño Rodríguez-Maribona. Noviembre 2009.

<sup>180</sup> José Clemente de Ucelay Isasi significaba en la Revista de Obras Públicas en el número 1933 lo siguiente: “*Por fin llegó el momento en que tiende a desaparecer la excepción que se ha venido haciendo en casi dos años con el Cuerpo de Ingenieros de Caminos y el personal auxiliar facultativo desde que se creó el Ministerio de Obras Públicas... Los asfixiantes quedaron asfixiados, tuvieron que detener su respiración y contenerse, sin decidirse a invocar derechos que les asistían en varios de los casos ocurridos, dando con ello una prueba más de su excepcional y delicada mentalidad, fruto indudable de la educación intelectual recibida y consolidada en la práctica de su carrera... Los dos años de experiencia mencionados han servido para que ahora pueda irse con paso firme a una normalidad, que no debió ser*

Una de las principales modificaciones que para las obras públicas se produjo en este periodo, fue la nueva denominación del Ministerio de Fomento como Ministerio de Obras Públicas por Decreto de 16 de diciembre de 1931. Su estructura se organizaría conforme al decreto fechado el 4 de enero de 1932, siendo la siguiente: el Ministro se situaría a la cabeza y de él dependería exclusivamente la Subsecretaría. Ésta se dividía en cuatro áreas: la Dirección General de Caminos; la Dirección General de Ferrocarriles, Tranvías y Transportes por Carretera; la Dirección General de Obras Hidráulicas; y la Dirección General de Puertos. En este decreto se disolvía el Patronato y Comité del Circuito Nacional de Firms Especiales, cuyos cometidos se adscribían a la Dirección General de Caminos. A la Dirección General de Obras Hidráulicas se adscribió el Consejo de Obras Hidráulicas pensado para reforzar la coordinación general de los planes y facilitar la intervención del Estado<sup>181</sup>. Posteriormente, y por necesidades de reestructuración del Gobierno, se produce la aprobación de un Decreto el 19 de septiembre de 1935 donde se agruparán el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones en uno sólo, ocupando la cartera ministerial Luis Lucia Lucia<sup>182</sup>. Con el triunfo del Frente Popular, otro decreto devolvió la denominación de Ministerio de

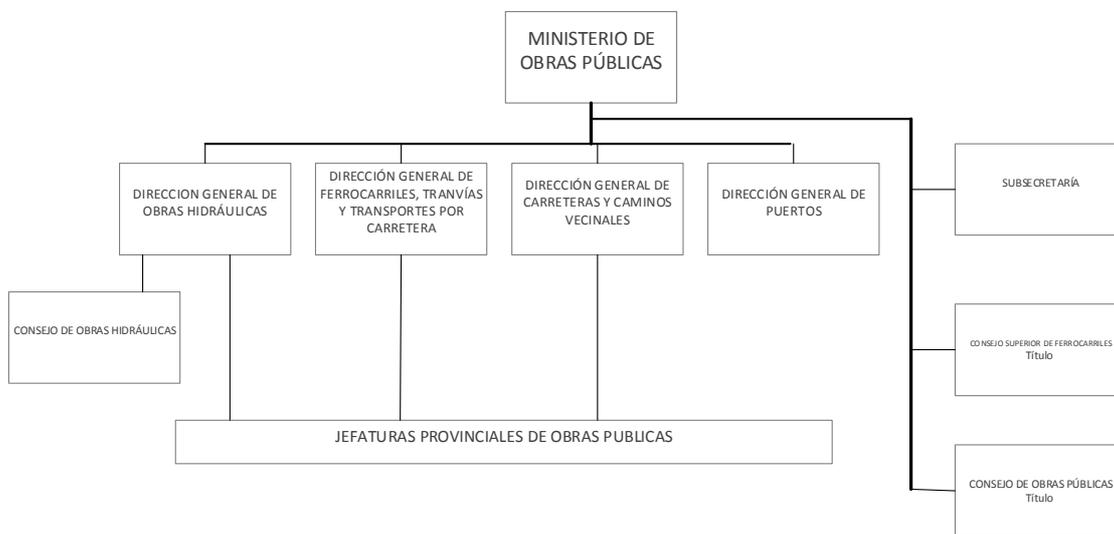
---

*alterada en la forma realizada...El personal facultativo, puesto nuevamente en pie, en columnas cerradas, con los escalafones en movimiento, será, como siempre fue, uno de los elementos que han de contribuir seguramente a que renazca la confianza indispensable para la debida garantía de los créditos, cuya movilización se precisa para la realización de los trabajos de obras públicas de todas clases, sin excepción, volviéndose a la normalidad del funcionamiento de las industrias, próximas a un colapso mortal, con lo que, a su vez, los transportes terrestres y marítimos irán renaciendo, deteniéndose la baja progresiva de sus ingresos, y el comercio podrá salir del agobio en que se encuentra al ponerse en circulación normal el numerario entre todas las clases sociales. Parece que han sido tantas las complicaciones acumuladas en estos dos años en las diversas situaciones del personal facultativo de Obras públicas, que al tratar de preparar sus Escalafones respectivos se ve y se desea el personal del servicio correspondiente para encauzarlos en forma definitiva, siguiendo el orden que legalmente corresponde en cada caso". UCELAY ISASI, JOSÉ CLEMENTE DE: "Nuestro escalafón". Revista de Obras Públicas. Número 2633. Año 1933.*

<sup>181</sup> ORTÚNEZ GOICOLEA, PEDRO PABLO: "Reducción de competencias, mantenimiento del gasto (1914-1936)". Revista Transportes, Servicios y Comunicaciones. Número 2.

<sup>182</sup> URIOL SALCEDO, JOSÉ I: "Historia de los caminos de España". Tomo II, página 257. CICCIP, Madrid 1992.

Obras Públicas, tras la creación del Ministerio de Comunicaciones y Marina Mercante<sup>183</sup>.



Organigrama del Ministerio de Obras Públicas tras la victoria del Frente Popular.

En el bienio radical-cedista (1933-1935) no se aprobó ningún plan nacional de obras públicas. Los distintos gobiernos que se sucedieron en estos años se enfrentaban a un grave problema de paro obrero, unido a una crisis económica y a una inestabilidad política importante, con un problema de fondo que parecía irresoluble como era el ferroviario. Aunque los intentos por aplicar una política de obras públicas que mejorara la situación fueron constantes, ninguno llegó a fructificar. En el panorama político, los intentos revolucionarios de 1934 o la transferencia de competencias a Cataluña<sup>184</sup>, generaban la declaración de estados de alarma que paralizaban los trámites parlamentarios. Se aprobaron en 1934 dos leyes contra el paro obrero, una primera el 21 de marzo que pretendía la reactivación de las obras, y otra del 7 de julio de 1934, muy

<sup>183</sup> ORTÚNEZ GOICOLEA, PEDRO PABLO: “Reducción de competencias, mantenimiento del gasto (1914-1936)”. Revista Transportes, Servicios y Comunicaciones. Número 2.

<sup>184</sup> El Estatuto de Cataluña que preveía el traspaso de las competencias en materia de obras públicas fue aprobado el 9 de septiembre de 1932, tras el golpe fallido del General Sanjurjo. El acuerdo unánime del traspaso fue ratificado por el Consejo de Ministros el 28 de agosto de 1934, aunque tras el apoyo de la Generalitat a la revolución de octubre de 1934, las facultades otorgadas a ésta serán suspendidas. Posteriormente y tras el triunfo del Frente Popular en las elecciones de febrero de 1936, las competencias serían reasignadas a la Generalitat, aunque con grandes discusiones parlamentarias por la definición del ámbito de las mismas. El inicio de la guerra civil paraliza la solución del problema.

criticada por todos los sectores sociales. En esta última se encargaba la elaboración de un plan nacional de obras públicas a una Junta nacional, formada por personas de distintos ámbitos no relacionados con las obras públicas y por ello se refieren críticas tanto en el diario El Sol<sup>185</sup>: “...No creemos que pueda hacerse un mayor derroche imaginativo para formar una Junta con elementos inadecuados a la función que trata de desempeñar; hasta tal punto, que cualquiera se pregunta si el objetivo del organismo es efectuar un reparto benéfico o disponer la ejecución unas obras públicas” como en la ROP: “...Es evidente que una ley de Obras públicas sólo al Ministerio de Obras públicas corresponde el desarrollarla y ejecutarla, cualesquiera que sean los fines que con ellas se persigan, los cuales deberán ser, sin duda, respetados por la técnica; pero no podrán ser en modo alguno alcanzados si la técnica no les presta la forma y los medios de un eficaz cumplimiento”<sup>186</sup>. El 20 de noviembre de 1935, el ministro Lucía, lee el proyecto de Plan Nacional de Obras Públicas, que es debatido posteriormente, pero que no llegará a ser aprobado.

Durante los cinco meses que durará el gobierno del Frente Popular tras su triunfo en las elecciones de febrero de 1936, la política de obras públicas en cuanto a realizaciones es nula. La hacienda pública estaba en una situación crítica. Se suceden presentaciones de planes que podrán ser solamente discutidos, centrados en proyectos para el Gabinete de Accesos y Extrarradio de Madrid<sup>187</sup>, en la ordenación del transporte por carretera y

---

<sup>185</sup> Periódico “El Sol” de Madrid de 10 de julio de 1934.

<sup>186</sup> Revista de Obras Públicas, número 2649, Año 2649. Continúa la argumentación criticando el anterior proceder de Prieto, que dotaba a los políticos, en lugar de a los técnicos del poder suficiente para elaborar planes de obras públicas y decidir sobre la conveniencia de las mismas: “...desde que el Sr. Prieto, a quien los ingenieros asfixiaban, declaró la supremacía de lo político sobre lo técnico, principio por nadie negado cuando se entiende por política la expresión y el resumen del más alto interés nacional. En el ánimo de todos está, sin embargo, que la afirmación incondicional deberá trocarse en negativa rotunda si hubiera de entenderse por política la satisfacción de los intereses de partido o la voluntad arbitraria de sus jefes y directores. Y porque siempre se han entendido las cosas de ese modo se ha tratado de limitar por las leyes la arbitrariedad ministerial, y porque los asuntos públicos son cada vez más complejos se ha impuesto el asesoramiento obligado y previo de los organismos que la misma ley declaraba competentes”.

<sup>187</sup> El plan será aprobado por Ley del 18 de junio de 1936.

mejora de la red<sup>188</sup>, en un plan parcial de obras hidráulicas y en la intervención en el problema ferroviario. Todos ellos se paralizarán tras el inicio de la Guerra Civil.

Los principales problemas a los que se enfrentaban las obras públicas en este periodo eran dos: por un lado, el alto paro obrero provocado por una situación de crisis económica a nivel mundial, que se reflejaba en España con un grado mayor dada la nueva situación político-social; el problema ferroviario, que será tratado en el próximo apartado. Los Ingenieros de Caminos muestran sus preocupaciones a través la Revista de Obras Públicas<sup>189</sup>, aunque no era el único medio para la difusión de sus ideas. El interés del cuerpo es lógico teniendo en cuenta que *“las obras públicas, debidamente ordenadas en su ejecución, tienen el carácter de volante compensador de las variaciones del ciclo económico...por eso en los períodos de depresión económica, en vez de restringir los gastos de una manera general, deben concederse más amplios créditos a las obras públicas...la suspensión de las obras públicas es poco recomendable como medida reguladora”*<sup>190</sup>. Por el papel preponderante que las obras públicas juegan en la economía mundial, la Sociedad de Naciones recomendaba un sistema regulador que se basaba en los siguientes puntos:

- 1º Plan bien estudiado y sistemático de obras.
- 2º Variación del ritmo de ejecución a la inversa del ciclo económico.
- 3º Sólo por excepción, adelanto de trabajos o ejecución de obras no previstas.
- 4º No suspensión de obras en curso de ejecución.

---

<sup>188</sup> Se presenta el Plan de obras urgentes del Circuito Nacional de firmes especiales y el plan de sustitución de pasos a nivel.

<sup>189</sup> Véanse los artículos que entre 1931 y 1932 publicó Federico Reparaz, en los que presenta un análisis de la situación de crisis a nivel mundial. En ellos refleja las recomendaciones que la Sociedad de las Naciones formula como mecanismo regulador de los ciclos de la economía: *“primero, retraso de los trabajos públicos en los períodos de prosperidad, reservando su iniciación para los períodos de depresión; segundo, iniciación en éstos de obras que, en circunstancias normales, no se hubieran acometido”*. REPARAZ LINAZASORO, FEDERICO: *“El paro y las obras públicas”*. Revista de obras públicas, números 2587, 2588 y 2589, Años 1931 y 1932.

<sup>190</sup> REPARAZ LINAZASORO, FEDERICO: *“El paro y las obras públicas”*. Revista de obras públicas, número 2587, Años 1931.

Además de todas estas consideraciones a tener en cuenta, también refleja la necesidad de que “*en la ordenación y ritmo de ejecución de las obras presida, cada vez más, ese criterio racional de subordinación a las conveniencias económicas, y cada vez menos lo puramente político, que nada debiera tener que hacer en estas materias*”<sup>191</sup>. Desde la Asociación y el Instituto también promovieron debates técnicos para tratar los principales temas que afectaban a la obra pública del momento.

---

<sup>191</sup> Federico Reparaz continúa su análisis crítico del siguiente modo: “*de un modo general, nuestra política de obras públicas, juzgada en el aspecto que nos ocupa, se muestra poco sistemática, falta de contenido económico, excesivamente sujeta a violentas fluctuaciones, por motivos de orden político o por corrientes pasionales, no racionales, que van del pesimismo más desolador al más alegre optimismo, o hacen el camino inverso, sin una justificación real, objetiva de estos cambios diametrales. Una ordenación metódica, consciente, en el aspecto que nos ocupa, no ha existido en la práctica. Sus reflejos en nuestra legislación de obras públicas –una muestra más de cómo en España son mejores las leyes que los hechos- son, aunque imperfectos, relativamente numerosos; pero su virtualidad ha sido casi nula. En los años últimos es forzoso declarar que nuestra política de obras públicas ha llegado a desenvolverse en sentido totalmente opuesto a lo que, en este aspecto, aconsejaba la coyuntura económica...Para el porvenir, la corrección de esas imperfecciones requiere una sistemática revisión de los planes de obras públicas, su establecimiento para un largo período, su coordinación con un criterio de conjunto, un más detenido estudio de cada obra en el aspecto económico y una profunda consideración de los factores financieros y económicos generales en cada momento. Requiere también una reorganización de nuestros servicios estadísticos y una más perfecta observación de nuestra coyuntura económica. Todas estas medidas de gobierno han de encontrar calor y han de verse facilitadas por el mayor interés general, que en los años últimos se observa hacia estas cuestiones, por la mayor cultura económica, por el creciente apoyo que la opinión pública de nuestro país va prestando a los trabajos de esta índole, cada vez más consciente de la decisiva gravitación de lo económico en la vida colectiva...En la presente fase de depresión, de extenso paro forzoso, agravado, en su aspecto social, por las propagandas extremistas que han intoxicado ciertos sectores de nuestra población obrera; con el crédito contraído hasta el extremo, a causa de los traumatismos pasados; frente a una profundísima depresión de la economía mundial, que afecta indirectamente a toda nuestra economía nacional, y que en estos momentos alza una temible amenaza directa sobre nuestras principales exportaciones agrícolas –naranja y aceite-, después de haber afectado hondamente a otras, como los vinos; cuando nuestras zonas mineras e industriales ven su actividad reducida a un mínimo; en circunstancias tan críticas, paralizar obras, anular pedidos, lanzar nuevos núcleos obreros al paro, sería, sin duda, perjudicial y peligroso...si las tendencias moderadas se imponen y lo político cesa de perturbar la vida económica, de coyuntura singularmente oportuna para iniciar, desde las obras públicas, el restablecimiento de la actividad productora*”. REPARAZ LINAZASORO, FEDERICO: “El paro y las obras públicas”. Revista de obras públicas, número 2587, Años 1932.

La creación del Instituto de la Construcción y la Edificación en 1934, de la mano de Eduardo Torroja y José María Aguirre, supone uno de los hechos más importantes para la ingeniería civil. A todas estas iniciativas de los ingenieros se sumó la organización de un Congreso Nacional de Obras Públicas a celebrar en octubre de 1936, cuyo objeto serían *“todas las cuestiones técnicas, económicas, jurídicas, administrativas y sociales que con Obras públicas tenga relación, estudiándolas para llegar a situaciones que permitan fijar criterios y normas prácticamente aplicables al desarrollo y mejora de las mismas. Podrán tomar parte en el Congreso las personas y Entidades españolas que se interesen por cualquier motivo con las obras públicas”*<sup>192</sup>. El Congreso se dividía en catorce secciones en las que se abarcaba por completo el ámbito de las obras públicas<sup>193</sup>. No se llegó a celebrar debido al estallido de la Guerra Civil, pues estaba previsto para octubre de 1936 en Madrid.

---

<sup>192</sup> Decreto de 19 de noviembre de 1935. En el prólogo se justificaba su necesidad argumentando lo siguiente: *“La importancia que los problemas de obras públicas alcanzan dentro de la economía nacional exige que se oiga a todos los elementos e intereses afectados para deducir las consecuencias generalizables que puedan servir de base a la fijación de normas y criterios.*

*La Asociación de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, percibiendo las realidades del momento, ha solicitado del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones autorización para celebrar un Congreso Nacional de Obras públicas que puede orientar una marcha en aquel sentido.*

*Estimando muy interesante la iniciativa, que debe favorecerse por el Gobierno, cuya misión rectora de intereses nacionales le obliga a prestar atención a estos problemas, a propuesta del Ministro de Obras públicas y Comunicaciones y de acuerdo con el Consejo de Ministros”.*

<sup>193</sup> Las secciones en las que se dividiría el Congreso eran las siguientes:

- 1º Carreteras.
- 2º Ferrocarriles.
- 3º Obras Hidráulicas.
- 4º Trabajos marítimos.
- 5º Aeropuertos.
- 6º Transportes en general.
- 7º Estudios previos y proyectos en general.
- 8º Construcción.
- 9º Urbanización.
- 10º Política y economía de las obras públicas.
- 11º Cuestiones sociales en las obras públicas.
- 12º Legislación y estadística.
- 13º Cuestiones administrativas.
- 14º Ejecución de obras públicas.

La Escuela de Caminos continúa su andadura con el incansable Vicente Machimbarrena al frente, firme defensor de las enseñanzas realizadas en ella<sup>194</sup>. La completa y dura formación se lleva a cabo en el edificio del Retiro, sin que se hubieran producido modificaciones ni en su estructura ni en su ritmo de enseñanza respecto a las promociones anteriores. Las enseñanzas de la Escuela estaban reservadas a los mejores: *“Las Escuelas especiales de Ingenieros se encontraron en el mismo problema que la Universidad. La segunda enseñanza, por su deficiencia, no daba alumnos con la suficiente cultura para proseguir con fruto los estudios superiores; pero en vez de abrir alegremente sus puertas a todos los bachilleres, como la Universidad, establecieron una selección en el ingreso, ya que los estudios superiores basta que los sigan minorías selectas. ¿No es mal grave que haya en la sociedad española legiones de abogados sin pleitos, médicos sin enfermos, etc? Para evitarlo en la ingeniería, se estableció un período intermedio entre la segunda enseñanza y la superior de las Escuelas especiales, que dura como mínimo dos años y la selección es tan rigurosa que no llega al 5 por 100 de los presentados. No es uniforme, ni debe ser, el criterio de selección en las distintas Escuelas. En la de Caminos los exámenes de ingreso se dividen en dos grupos. En uno se reúnen los conocimientos de cultura, dibujo e idiomas; en otro los de matemáticas, deficientes a todas luces en los bachilleres, y que todavía se amplían en los estudios que se hacen dentro de la Escuela...las Escuelas especiales de Ingenieros no son castillos que amparan privilegios, guarnecidos por gentes que sólo aspiran al mezquino interés de crear escalafones y ocupar en ellos lugares ventajosos, sino todo lo contrario, puestos de honor y sacrificio, que vigilan sí, que no entre cualquiera por sus puertas, pero que están de par en par abiertas a cuantos tengan inteligencia despejada, deseo de saber y vocación, únicas recomendaciones que prosperan”*<sup>195</sup>.

---

<sup>194</sup> A este respecto conviene leer su artículo de 1935 publicado en la Revista de Obras Públicas y titulado *“Un libro de Salvador de Madariaga”*, en donde realiza una firme defensa de la profesión de Ingeniero de Caminos y de la Escuela en la que estos se forman, frente a las ideas que defiende Salvador de Madariaga de integración de las Escuelas especiales en la Universidad y especialización de los estudios que en ellas se imparten. MACHIMBARRENA GOGORZA, VICENTE: *“Un libro de Salvador de Madariaga”*. Revista de Obras Públicas, número 2668, Año 1935.

<sup>195</sup> MACHIMBARRENA GOGORZA, VICENTE: *“Un libro de Salvador de Madariaga”*. Revista de Obras Públicas, número 2668, Año 1935.

Bajo las órdenes de Prieto, la Escuela de Caminos se traspa al Ministerio de Instrucción Pública y Bellas Artes, ante la sorpresa de su director Machimbarrena, que expresará su disgusto y su defensa de la autonomía de la misma en la Revista de Obras Públicas<sup>196</sup>. Siendo ministro Lucía, en el bienio radical-cedista, la Escuela de Caminos retornará al Ministerio de Obras Públicas, anhelo reivindicado desde su separación de este Ministerio. Los ingenieros de Caminos también estaban afectados por el problema del paro en esta época. La mayoría, al salir de la escuela estaba años en expectativa de destino, lo que les obligaba a trabajar para las empresas constructoras, principalmente ferroviarias, en lugar de en la administración, como era habitual anteriormente.

### **2.2.3.2 LOS FERROCARRILES EN LA SEGUNDA REPÚBLICA.**

La crisis en el sector ferroviario era palpable desde años anteriores obligando al gobierno de la nación al auxilio de las compañías ferroviarias que no obtenían beneficio suficiente de la explotación de sus líneas. Inmersos además en una situación global de crisis mundial desde 1929, que aunque con posterioridad, también se reflejó en nuestro país, y sumidos en una época de alta conflictividad laboral en el sector, el descalabro económico de las compañías ferroviarias era inevitable desde 1931. El Estado estaba obligado a actuar, y sus propuestas se encaminaron hacia dos frentes: la intervención de los ferrocarriles y la paralización en la ejecución de las obras ferroviarias.

Otra de las circunstancias que provocaban la crisis del sector ferroviario era la competencia creciente que a este modo de transporte proporcionaba el auge del automóvil. En muchas ocasiones se supuso que el transporte por carretera era sustitutivo del ferroviario y nunca se abordó el problema desde el punto de vista de la coordinación de ambos modos. Le Corbusier predecía: “*Yo percibo la lucha entablada desde hace algún tiempo entre el camión y la locomotora, que traerá como consecuencia profundas transformaciones en la vida de los países*”<sup>197</sup>. El ferrocarril había perdido la preponderancia que ostentaba desde el siglo XIX como modo de transporte en beneficio

---

<sup>196</sup> CARREÑO RODRÍGUEZ-MARIBONA, ÁNGEL MARIO “*Los ingenieros de caminos en la década 1930-1939. De la zanja del olvido al olvido de la zanja*”. Edición de Ángel Mario Carreño Rodríguez-Maribona. Noviembre 2009 y MACHIMBARRENA GOGORZA, VICENTE: “*La autonomía de la escuela de caminos*”. Revista de Obras Públicas, número 2585, Año 1931.

<sup>197</sup> “*Le Corbusier y los caminos de España*” Revista de Obras Públicas, número 2594, Año 1932.

del automóvil, que representaba una dura competencia tanto para el transporte de viajeros como de mercancías. Y en el país, ambos modos actuaban de manera independiente entablando una dura y suicida competencia, en lugar de complementarse y coordinarse adecuadamente para ofrecer un mejor servicio para el interés general<sup>198</sup>.

El Estado era consciente, ante la situación de descontrol que vivía el ferrocarril, de la necesidad de su institucionalización. Se redactarán en este periodo hasta cuatro proyectos de ley ferroviaria, pero ninguno conseguirá superar el mero trámite de estudio.

En la primera etapa de la Segunda República (1931-1933), bajo el ministerio de Indalecio Prieto, la primera medida que se toma es la derogación del plan de urgente construcción de ferrocarriles<sup>199</sup>, aprobado y conocido como Plan Guadalhorce<sup>200</sup>. En su lugar, se debía realizar un plan de ferrocarriles para definir las actuaciones prioritarias en las que invertiría recursos el estado, que se decidirían tras un estudio por parte del ministerio sobre cada una de las líneas en ejecución. Este plan fue presentado a las Cortes el 23 de junio de 1932 como proyecto de ley<sup>201</sup>, pero no llegaría a aprobarse. La

---

<sup>198</sup> Esta lucha establecida entre ambos modos de transporte fue tratada, en aras de buscar una solución adecuada, en la Revista de Obras Públicas. Consúltense los artículos de Juan Barceló Marco titulados “*Problemas ferroviarios. La competencia entre el ferrocarril y la carretera*” publicados en la misma en el año 1935 (Nº 2664 y Nº 2666), que presentan las posibles formas de conseguir una adecuada coordinación entre el transporte ferroviario y el transporte por carretera.

Pedro Diz Tirado analiza un caso práctico, el ferrocarril Ferrol-Gijón que estaba en construcción, para concluir que ambos modos deben complementarse y que en casos como el de esta nueva línea, el ferrocarril aún es preponderante sobre el automóvil. ROP, Nº 2601 y Nº 2602, 1932.

<sup>199</sup> Decreto de 3 de julio de 1931 y Ley de 12 de enero de 1932.

<sup>200</sup> Decreto de 5 de marzo de 1926, ampliado por el Decreto de 3 de diciembre de 1926.

<sup>201</sup> El plan determinaba los ferrocarriles que habían de seguir su construcción diferenciando entre aquellos cuya financiación correría a cargo del Estado y aquellos a los que debían auxiliar las corporaciones locales. Así, dividía las obras a ejecutar en tres grupos:

- Obras por cuenta exclusiva del Estado que se habían sido aprobadas en época anterior a la Dictadura:
  - Ferrocarril de Ferrol a Gijón.
  - Ferrocarril de Lérida a Saint Giron.
  - Ferrocarril de Huelva a Ayamonte.
  - Ferrocarril de Valdezafán a San Carlos.

iniciativa principal que partía del gobierno para auxiliar a las empresas, intentaba la creación de una red ferroviaria unificada para lograr la dirección estatal de las propias compañías<sup>202</sup>. Ante la respuesta negativa de las sociedades, que rehúsan aceptar el control gubernamental, el Estado recorta las ayudas presupuestarias a los ferrocarriles. Además, el ministro que según sus propias declaraciones, es partidario de paralizar la ejecución de las obras de ferrocarriles, justifica su decisión argumentando que el ferrocarril ya no ejerce el monopolio como sistema de transporte ante la dura competencia del automóvil; indica que en muchas ocasiones el gasto de la inversión no está justificado por la escasa rentabilidad futura que se puede producir, ya que el empeño en la construcción obedece en muchos caso, tan sólo a intereses regionales; y que la situación de las empresas ferroviarias, al borde de la bancarrota, desaconsejan la

- 
- Ferrocarril de Madrid a San Martín de Valdeiglesias.
  - Ferrocarril de Águilas a Cartagena.
  - Obras por cuenta exclusiva del Estado que proceden del plan de 1926:
    - Ferrocarril de Santiago a A Coruña.
    - Ferrocarril de Cuenca a Utiel.
    - Ferrocarril de Alicante a Alcoy.
    - Ferrocarril de Soria a Castejón.
  - Obras a las que deben contribuir los organismos locales y que provienen del plan de 1926:
    - Ferrocarril de Zamora a Orense.
    - Ferrocarril de Orense a Santiago.
    - Ferrocarril de Madrid a Burgos.
    - Ferrocarril de Puertollano a Córdoba.
    - Ferrocarril de Baeza a Albacete.
    - Ferrocarril de Albacete a Utiel.
    - Ferrocarril de Talavera a Villanueva.
    - Ferrocarril de Teruel a Alcañiz.
    - Ferrocarril de Lérida a Alcañiz.
    - Ferrocarril de Jerez a Almargen.
    - Ferrocarril de Toledo a Bargas.
    - Ferrocarril de Totana a La Pinilla.

<sup>202</sup> Ley de 9 de septiembre de 1932 creando una Intervención permanente en los ferrocarriles cuya explotación debe verificarse en consorcio con el Estado, como consecuencia de las aportaciones de capital hechas por éste a las respectivas Empresas.

ampliación de la red. En 1932 se aprueba una Ley<sup>203</sup> que libera al Estado de la obligación de mantener el servicio de las líneas ferroviarias que sean abandonadas por sus propietarios, lo que significó el cierre de algunos tramos improductivos y la liberalización de una carga presupuestaria inasumible para un país en crisis.

El gobierno radical-cedista promovió un aumento de las tarifas máximas y trató de llevar a cabo el rescate anticipado de las concesiones de ferrocarril por parte del Estado y la cesión de la gestión de los ferrocarriles a compañías privadas mediante contrato de arrendamiento. En su intento por regular el sector, creó una Comisión<sup>204</sup> para el estudio de un proyecto de ordenación ferroviaria y de líneas de ferrocarriles de urgente construcción<sup>205</sup> que no llegaron a proporcionar ningún resultado práctico al ser retiradas por el Gobierno previa discusión en las Cortes. Las presiones en contra de los cedistas y la Revolución de Octubre paralizaron estos proyectos iniciales. Posteriormente, siendo ministro Marraco, se produce la presentación de un proyecto de ley para la aprobación de un plan urgente de ferrocarriles y ya con Lucia al frente se presenta el proyecto de Ley de Ordenación ferroviaria, siendo ambos retirados por el propio Gobierno.

En materia de ferrocarriles, en el último tramo de la Segunda República bajo el gobierno del frente popular y siendo ministro Santiago Casares Quiroga, se incautó la compañía de los Ferrocarriles Andaluces<sup>206</sup>, que se encontraba en una situación tan

---

<sup>203</sup> Ley de 10 de mayo de 1932 declarando que cuando una empresa ferroviaria abandone por su causa la explotación de una línea o líneas a su cargo, el Estado quedará en completa libertad de hacerse cargo o no de la explotación provisional de las mismas según lo estime conveniente.

<sup>204</sup> Orden de 5 de enero de 1934 disponiendo la constitución de la Comisión para el estudio de un proyecto de ordenación ferroviaria y de medidas para establecer la coordinación de los servicios de transporte mecánicos por carretera con los de ferrocarril

<sup>205</sup> El proyecto de ley de para le ejecución de ferrocarriles de urgente construcción establecía como prioritarias las líneas Cuenca-Utiel, Madrid-Burgos y Zamora-Orense-Santiago-A Coruña principalmente. CARREÑO RODRÍGUEZ-MARIBONA, ÁNGEL MARIO “*Los ingenieros de caminos en la década de 1930-1939. De la zanja del olvido al olvido de la zanja*”. Edición de Ángel Mario Carreño Rodríguez-Maribona. Noviembre 2009.

<sup>206</sup> Decreto de 9 de mayo de 1936, que justificaba la incautación en el prólogo del siguiente modo: “*LA Comisaría del Estado en la Compañía de los Ferrocarriles Andaluces ha dado cuenta de la situación insostenible en que dicha Compañía se encuentra par atender a los servicios de la misma, y abriga y el temor muy fundado de que llegue un momento en que se paralice la explotación por falta de combustible*

crítica que amenazaba con la suspensión de los servicios. La dirección de la compañía se transfirió a la empresa pública Compañía Nacional de los Ferrocarriles del Oeste. Además, para hacer frente a los problemas económicos que atravesaban las compañías, entre ellas incluidas las dos principales (MZA y Norte), el ministro Velao propuso a través de un proyecto de ley<sup>207</sup>, la coadministración entre empresa y estado de las compañías ferroviarias. Proyecto rechazado de raíz por las compañías que veían en él un intento de expropiación y que preferían la estatificación de las líneas<sup>208</sup>.

No fue la Segunda República una etapa en la que se ampliara la red de ferrocarriles española. Pese a que esta era extensa, y abarcaba casi la totalidad del territorio peninsular, existían líneas principales que estaban pendientes de finalización. Y la red secundaria y la de trazados transversales no cumplían con éxito su papel vertebrador del

---

*e imposibilidad de adquirirlo por la falta de crédito para obtenerlo, debido a los considerables débitos que por todos conceptos tiene la Compañía de los Ferrocarriles Andaluces.*

*El Ministerio de Obras públicas, ante esta contingencia de una paralización en la explotación y considerando que un servicio público de esta clase ni debe ser desatendido ni permanecer suspendido mucho tiempo, tiene que tomar las medidas necesarias para restablecer rápidamente la circulación, incautándose de la red ferroviaria cuyo servicio se interrumpe, de acuerdo con lo que dispone el artículo 36 de la Ley de 23 de Noviembre de 1877.*

*La gran extensión de la red de la Compañía de los Ferrocarriles Andaluces no aconseja que sea la Jefatura de Explotación de ferrocarriles por el Estado la que se encargue de la explotación, por no estar este organismo suficientemente preparado para ello.*

*De entre los distintos otros organismos que podrían hacerse cargo de ella para restablecer rápidamente el servicio ninguno tan capacitado como la Compañía Nacional de los Ferrocarriles del Oeste de España, en la que el Estado tiene intervención en su administración y explotación por lo que debe ser esta Compañía la que con sus medios coopere con carácter provisional a la explotación de la red ferroviaria de la Compañía de los Ferrocarriles Andaluces, actuando en la dirección de esta explotación, y como función delegada del Ministerio de Obras públicas, un Comité formado por las dos representaciones del Estado y Compañías que constituyen el Consejo de Administración de la mencionada Compañía de los Ferrocarriles del Oeste de España”.*

<sup>207</sup> Proyecto de ley de 5 de junio de 1936 autorizando al Ministro de este departamento para presentar a las Cortes un proyecto de ley por el que se establece una Intervención, con carácter de coadministración, en las Compañías de ferrocarriles que están en régimen de consorcio con el Estado.

<sup>208</sup> El conocido como “problema ferroviario” fue un asunto intensamente debatido durante la Segunda República. Técnicamente, la publicación donde mejor se expresaron todas las propuestas y opiniones fue en la Revista de Obras Públicas, publicación de recomendable lectura si se desea profundizar en este tema.

territorio, bien por la falta de planificación y coordinación de los trazados, bien por su escaso rendimiento.

La ejecución de nuevos tramos de ferrocarril fue por ello escasa. En este periodo no se producirá la construcción de grandes líneas. Las principales inversiones se realizarán para tramos cuya misión principal es acortar el recorrido de las líneas existentes o ampliar la red. Entre éstas destacan el ferrocarril de Madrid-Burgos, Zamora-A Coruña<sup>209</sup>, Cuenca-Utiel o Ferrol-Gijón. Su construcción se verá interrumpida en

---

<sup>209</sup> Una de las decisiones más controvertidas y que más repercusión tendrá en el devenir de los acontecimientos, fue la paralización de las obras de ferrocarril entre Zamora y A Coruña, durante el mandato de Indalecio Prieto. Siendo éste Ministro de Hacienda, acordó la paralización de las obras de ferrocarril entre Puebla de Sanabria y Santiago, lo que produjo una violenta reacción entre los trabajadores, que finalizó en una huelga entre el 21 y el 27 de junio de 1931. El gobierno, en contra de la opinión de Prieto, anunció la concesión de créditos para continuar los trabajos hasta el 31 de diciembre de 1931 a través del Decreto de 30 de junio de ese año. Éste justificaba la inversión del siguiente modo: *“Al decretar, por exigencias de una administración prudente y previsora del Presupuesto, la formalización de obras de ferrocarril acometidas en otros tiempos sin la meditación necesaria, ha sido preocupación del Gobierno causar el menor trastorno posible a los intereses ligados con tales iniciativas.*

*Dentro de la solicitud igual que para ello encuentran las peticiones de todas las comarcas, no cabe desconocer las singulares facilidades que para continuar los respectivos trabajos ha ofrecido la representación de los intereses asociados a la continuación del de Zamora-Coruña, y teniéndolo en cuenta el Gobierno provisional de la República...con objeto de que no tengan que suspenderse las obras de los trozos segundo y tercero del ferrocarril Zamora-Coruña, autorizará las transferencias de crédito necesarias de los actualmente concedidos a los trozos primero y cuarto y dentro de los límites para ellos fijados, para que con cargo a los mismos puedan continuar las de los trozos segundo y tercero durante los meses de Agosto a Diciembre. Para la continuación de las obras en los trozos segundo y tercero, hasta el mes de Julio inclusive, se aplicarán los actuales créditos concedidos para ellos”.* Este hecho no resultaba ser una cuestión tan baladí. Incluso no existía unanimidad entre los técnicos, que se debatían entre los que defendían la necesidad de esta nueva conexión entre Galicia y la Meseta y los que veían en ello una inversión injustificable por su previsible falta de rentabilidad. Don Vicente Machimbarrena y D. José Eugenio Ribera protagonizaron un claro enfrentamiento técnico en la Revista de Obras Públicas (Véase en la Revista de Obras Públicas en sus números 2591 y 2592, del año 1932, los artículos firmados por Vicente Machimbarrena y en el número 2593 del mismo año, la respuesta de José Eugenio Ribera). Posteriormente se siguen destinando recursos del Estado para la intensificación de estas obras. CARREÑO RODRÍGUEZ-MARIBONA, ÁNGEL MARIO *“Los ingenieros de Caminos en la década de 1930-1939. De la zanja del olvido al olvido de la zanja”*. Edición de Ángel Mario Carreño Rodríguez-Maribona. Noviembre 2009.

diversas ocasiones por la falta de inversión presupuestaria del Estado, que acosado en el periodo de crisis mundial, no contaba con los recursos suficientes para hacer frente a la inversión que este tipo de obras requería. Las presiones políticas y sociales<sup>210</sup> que se realizaban a los distintos gobiernos finalizaban con la ampliación del crédito para unas obras que si bien ayudaban a contrarrestar el paro obrero, producían un gran vacío para las arcas del Estado.

La ordenación urbana de las grandes ciudades seguía siendo una materia pendiente cuya resolución era tanto más necesaria cuanto mayor era su crecimiento. Los trazados ferroviarios en las mismas eran inadecuados, constituyendo barreras al crecimiento y a la expansión urbana; las estaciones de ferrocarril, propiedad particular de cada compañía, se ubicaban en los lugares más convenientes para su explotación, de manera que no existía conexión entre ellas y no ofrecían de este modo continuidad de los trayectos; los transportes urbanos e interurbanos y su comunicación con otras infraestructuras no estaban coordinados. Por esto se dio prioridad y se invirtieron recursos en la mejora de estas situaciones a través de la creación de unos organismos cuya obra más ha perdurado: las comisiones de enlaces ferroviarios de las principales ciudades del país, Madrid, Barcelona, Bilbao y Zaragoza. El objetivo teórico de las mismas era el proyecto de la unión entre las estaciones terminales de las diferentes

---

<sup>210</sup> Desde la Revista de Obras Públicas se hacían alegatos a favor de la construcción de los ferrocarriles. Así, en alusión a la paralización de las obras por parte de Prieto se refiere: *“La única razón que da el Sr. Prieto para mantenerse tenaz en su opinión de no hacer un kilómetro más de nuevos ferrocarriles, es que éstos no son reproductivos, mientras que nosotros opinamos que un ferrocarril, en el día de hoy, puede ser conveniente como servicio público, sin ser reproductivo como negocio mercantil. Pero, al mismo tiempo que porfía el Sr. Prieto en paralizar la construcción de los ferrocarriles en marcha, acoge, con la pasión que le caracteriza, la idea, tantas veces expuesta como desechada, de construir un ferrocarril subterráneo que enlace las líneas que afluyen a Madrid, o sea: la obra más lujosa, más aristocrática y más inverosímil que puede soñar el más ardiente partidario de la construcción de nuevas líneas férreas”*. En *“La política de obras públicas”*. Revista de Obras Públicas, número 2611, Año 1932.

En el artículo de Fernando García Arenal y Winter publicado en la Revista de Obras Públicas, en el número 2624 de 1932, alegaba: *“de los ferrocarriles en construcción, pero parados por falta de consignación en el presupuesto, hay media docena que debieran terminarse con la mayor actividad compatible con la buena organización de los trabajos, por ser de verdadero interés nacional; es decir, que favorecen a toda la economía de la nación, y no sólo de la región que atraviesan”*.

líneas, pero sus trabajos tendrían una repercusión de mayor alcance al provocar la reordenación de todos los sectores urbanos afectados por las líneas férreas.

La Comisión de Enlaces Ferroviarios de Madrid, creada por Decreto de 10 de noviembre de 1932, se interesó principalmente por establecer la unión entre las tres estaciones principales de la ciudad: Delicias, Atocha y Príncipe Pío, en la electrificación de las líneas para ofrecer un buen servicio de cercanías y en facilitar el acceso del pueblo de Madrid a la sierra. Los objetivos eran proceder a una reordenación urbana de la ciudad que facilitara su crecimiento, permitiendo el establecimiento de poblaciones periféricas que contarían con un buen servicio de transportes, y ofrecer una solución de continuidad en la red de ferrocarriles que llegaban o partían de la capital para evitar el caótico tráfico y la interrupción continua entre los distintos modos de transporte. La unión entre las estaciones terminales de las principales líneas era una demanda antigua en Madrid<sup>211</sup>. Existieron diversos proyectos de enlace superficial y subterráneo de las mismas, pero finalmente se optó por una nueva solución. Se construiría una nueva estación terminal en Chamartín, con motivo de la construcción de la línea Madrid-Burgos, que se uniría a través de un túnel, con la estación de Atocha, discurriendo éste bajo la castellana, paseo de recoletos y paseo del prado, situando una estación en la zona de construcción de los nuevos ministerios. El tráfico que se realizaba por la Compañía del Norte, y que finalizaba en Príncipe Pío, se desviaría en la estación de las Matas hasta Chamartín. Las obras comenzaron con algunas dificultades técnicas durante la Segunda

---

<sup>211</sup> Es reseñable que en 1861 se produjo la unión entre ambas estaciones a través de una línea de contorno que discurría en túnel bajo el Campo del Moro y luego en cielo abierto hasta Atocha. Pero su uso era exclusivo para mercancías. En el mismo año Fernández de los Ríos propuso la unión entre las estaciones de Atocha y Príncipe Pío para tráfico de viajeros, idea retomada por Fernando Reyes que presentó su proyecto en 1917. Durante la Dictadura de Primo de Rivera en el Plan General de Extensión de Madrid se prevee la construcción de una línea de cintura ferroviaria, pero este proyecto no llegará a realizarse. *“El Plan de Enlaces Ferroviarios de Madrid en la Segunda República”* M<sup>a</sup> Pilar González Yanci. Ciclo de Conferencias: El Madrid de la II República. Madrid, 1999.

República, contando con afectos y detractores según el signo político<sup>212</sup>. Sin embargo, no se podrían finalizar antes de la Guerra Civil<sup>213</sup>.

La Comisión de Enlaces Ferroviarios de Barcelona creada por Decreto de 24 de marzo de 1933, planteó un total de diecinueve obras concretas que tenían una gran trascendencia para el desarrollo urbano de la ciudad<sup>214</sup>. Sus objetivos principales se centraban en la electrificación de las líneas que cruzaban la ciudad, para poder así soterrarlas y eliminar las barreras urbanísticas que estas infraestructuras suponían para el crecimiento de la ciudad, y la centralización de los servicios de viajeros en la plaza de Cataluña, a través de la conexión de los servicios entre el Metropolitano transversal, la Compañía del Norte y la Compañía MZA<sup>215</sup>.

El Plan de Enlaces de Bilbao se formuló en 1934. En esta ciudad, la Comisión nació el 23 de marzo de 1933 para presentar soluciones técnicas para la centralización de los servicios de viajeros gran velocidad de las principales líneas que afluían a dicha capital en una sola estación; definir el aprovechamiento urbano de los terrenos y edificios sobrantes de la realización de la centralización; unificación del sistema de tracción de las líneas Miranda-Bilbao y Bilbao-Portugalete-Santurce y el enlace adecuado de ambas líneas de vía ancha, así como las de vía estrecha, pertenecientes a las Compañías de los Ferrocarriles Vascongados y de Santander a Bilbao<sup>216</sup>. En 1935 esta Comisión fue

---

<sup>212</sup> La construcción del túnel contó con problemas de ejecución por hundimientos sobre todo en la zona de la vaguada del Prado. Por ello, debido a la gran inversión de tiempo y dinero, muchos veían su construcción inviable e imposible, y fue bautizado como el “túnel de la risa”.

<sup>213</sup> El plan en cuestión, con algunas modificaciones, se finalizaría en los años finales de la década de los sesenta del siglo XX. Así las fechas de terminación de las principales obras fueron las siguientes:

- 1967: inauguración de la estación provisional de Chamartín. La estación definitiva entraba en funcionamiento en 1975.
- 1967: inauguración del túnel Chamartín-Atocha.
- 1968: inauguración de la línea Madrid-Burgos.

<sup>214</sup> Algunas de las obras planteadas eran el enlace de Moncada entre las líneas del Norte y MZA; la prolongación de la línea de la calle Aragón; la supresión de los pasos a nivel en el entorno urbano; el enlace del metropolitano con la línea de MZA; el trazado subterráneo del ferrocarril de Sarriá entre la calle Muntaner y dicha localidad; etc.

<sup>215</sup> Decreto de 23 de marzo de 1933.

<sup>216</sup> Decreto de 23 de marzo de 1933.

disuelta durante el bienio radical cedista por “*representar sumas cuantiosas que, dada la situación actual del problema ferroviario y en relación con la economía nacional, aconsejan reducir a más estrechos límites los proyectados enlaces ferroviarios*”<sup>217</sup>. Su restablecimiento se produjo por Decreto de 26 de marzo de 1936 cuando ostentaba el poder el Frente Popular.

La Comisión de Enlaces Ferroviarios de Zaragoza se constituyó por el Decreto de 3 de julio de 1934, con los fines principales de estudiar un plan de enlaces con la rectificación de las líneas férreas que confluían en Zaragoza y para unificar los servicios de las mismas a través de la construcción de una estación central para los servicios de viajeros y de líneas de gran velocidad<sup>218</sup>. Se conseguiría con esto resolver el problema de expansión urbanística, hasta entonces coartado por la situación de la red ferroviaria, y mejorar las condiciones de seguridad de los accesos. Fue suprimida por las mismas causas que la de Bilbao y en el mismo decreto aprobado el 3 de enero de 1935.

Con esta situación de los ferrocarriles se inicia la contienda que dividirá España durante tres años. Posteriormente, el sistema ferroviario sufrirá una honda transformación respecto a las etapas anteriores, con la unificación y nacionalización de todas las líneas tras la creación de Renfe.

### **2.2.3.3 LAS CARRETERAS EN LA SEGUNDA REPÚBLICA.**

El estado de las carreteras en el inicio de la Segunda República era bueno, tras el esfuerzo que se había realizado en la época precedente con el Circuito Nacional de Firmes Especiales. Le Corbusier, tras su visita a España, se encarga de relatar el alto nivel de desarrollo que han alcanzado estas vías de comunicación: “*En España se dio la orden de construir el Circuito Nacional, una autovía anchísima, peraltada, de excelentes alquitranados y adoquinados de pórvido, con numerosos parapetos pintados de blanco. Este país no tenía apenas carreteras modernas. España, hoy, posee una carretera continua –Pirineos orientales, Barcelona, Valencia, Alicante, Murcia,*

---

<sup>217</sup> Decreto de 3 de enero de 1931 disponiendo queden disueltas las Comisiones creadas por Decretos de 23 de marzo de 1933 y 3 de julio de 1934, para el estudio del Plan de enlace y unificación del servicio de las líneas férreas que afluyan a Bilbao y Zaragoza, respectivamente.

<sup>218</sup> Decreto de 3 de julio de 1934.

*Almería, Málaga, Gibraltar, Cádiz, Sevilla, Madrid, San Sebastián, Pirineos occidentales-, carretera la más bella que yo conozco, a veces maravillosa: una novedad de los tiempos modernos, un esplendor. Ella corta y atraviesa estados de cultura seculares o milenarios. Fuera de las ciudades y de las estaciones de ferrocarriles, que todo lo han falsificado, se entra, por ella, en lo vivo del alma española. El camino, ahora, nada alteró...No hay nada más eterno que un camino. El camino es lo verdadero, lo justo, lo económico, lo puntual, lo ingenioso. Un camino es una verdad. Alabanza del camino que emociona por su realidad indiscutible. Cuando este camino obedece a designios majestuosos –el Circuito Nacional-; cuando tiene una forma contemporánea –el receptáculo justo del auto a 140 a la hora es tan natural como el peatón en el camino-, la empresa adquiere el valor de una gran maniobra, el aspecto de un golpe maestro: la masa popular entera se siente solidarizada, de hombre a hombre, de ciudad a ciudad, de región a región. Es el gran contacto por ondas sucesivas a lo largo de un río de civilización”<sup>219</sup>.*

En este periodo, tras la creación del Ministerio de Obras Públicas, las carreteras del estado se integran en la dirección general de caminos, incluso las pertenecientes al circuito de firmes especiales. La ampliación de los itinerarios se produce a través de dos normativas:

- Decreto de 23 de enero de 1934: su objetivo es ampliar la red para completar los itinerarios del Circuito con otros interesados por importantes entidades de la vida nacional, enlazando así los itinerarios entre sí y facilitando la comunicación a través de nuevas zonas regionales interesantes al turismo<sup>220</sup>.

---

<sup>219</sup> En la Revista de Obras Públicas, número 2594, Año 1932, artículo titulado: “*Le Corbusier y los caminos de España*”.

<sup>220</sup> En el Decreto se disponía lo siguiente: “*Confiada a la Jefatura del Circuito Nacional de Firmes Especiales la misión de realizar las obras de mejora de pavimentación y demás condiciones de vialidad de las carreteras más afectadas por el tráfico turístico de España, y atendiendo a la conveniencia de completar sus actuales Itinerarios con otros ya reiteradamente interesados por importantes entidades de la vida nacional, a fin de enlazar aquéllos entre sí y facilitar la comunicación a través de nuevas zonas regionales interesantes al turismo...Se autoriza la ampliación de la red actual de carreteras a cargo de la Jefatura del Circuito Nacional de Firmes Especiales*” (sic).

En total suponía una ampliación de 1.161 nuevos kilómetros<sup>221</sup>. La ejecución de las obras estaría a la espera de las disponibilidades presupuestarias.

- Ley de 8 de julio de 1936: aprobada siendo ministro de Obras Públicas Antonio Velao Oñate. En este caso, se ampliaba la red respecto al decreto anterior, con la transformación de 336 nuevos kilómetros a realizar en dos itinerarios principales: entre Madrid-A Coruña y Salamanca-frontera portuguesa<sup>222</sup>. Esta ley no tuvo ninguna vigencia, pues a los pocos días se iniciaba la Guerra Civil.

El elevado desarrollo alcanzado con el Circuito de Firms Especiales y con la práctica finalización de la construcción de las carreteras planificadas según el Plan Gasset de 1914, provocó que las principales labores que se realizaron en materia de carreteras fueran las de mantenimiento y conservación, rompiendo la tendencia de grandes inversiones en carreteras que se había iniciado en el sexenio precedente. Un ejemplo de ello es la aprobación de la ley de 8 de julio de 1936, de escasa vigencia, en la que se

---

<sup>221</sup> Los nuevos itinerarios propuestos son los siguientes:

- 1º Albacete, Alicante: 163 kilómetros.
- 2º Zaragoza, Pamplona, Behovia: 59 kilómetros.
- 3º Salamanca, Cáceres: 213 kilómetros.
- 4º Sevilla, Granada: 255 kilómetros.
- 5º Córdoba, Málaga: 165 kilómetros.
- 6º Valencia, Teruel, Zaragoza: 306 kilómetros.

<sup>222</sup> En el artículo 1º de la ley se recoge lo siguiente: “*Se aprueba el plan general de obras de realización urgente en el Circuito Nacional de Firms Especiales, que se reseñan en el anejo de esta Ley, plan cuya ejecución se llevará a efecto por el citado organismo en el plazo de seis años, a contar desde el 1º de julio de 1936, fijando en 100 millones de pesetas el crédito total para las obras y atenciones complementarias de expropiación, estudios y obras diversas cuya conveniencia pueda surgir durante la ejecución*”.

El artículo 6º otorga facultades al Ministro de Fomento para variar el plan de transformación y poder incluir así otros itinerarios no previstos: “*El Ministro de Obras Públicas podrá encomendar a la Jefatura del Circuito Nacional de Firms Especiales el estudio y ejecución de obras distintas de las que figuran en el plan general aprobado por el artículo 1º de esta Ley, con cargo a los créditos consignados en la misma o a los créditos ordinarios que figuren en los presupuestos, prescindiendo de alguna de las obras previstas en el plan, si así lo exigen las limitaciones crediticias, quedando facultado igualmente para la más apropiada distribución de los créditos destinados a la ejecución de obras dentro del plan que se aprueba, si circunstancias no previstas aconsejaron se variara el orden de preferencia y el ritmo de ejecución*”.

establecía la urgencia de la sustitución de los pasos a nivel en las carreteras que pertenecían al Circuito<sup>223</sup>. Las mejoras necesarias en la red de carreteras tenían su origen en el rápido progreso y evolución del material móvil, que había pasado de circular a 10 km/h de velocidad máxima en el siglo XIX a los 75 km/h en los años 30. Esto exigía mejoras en las características del trazado de las redes anteriores, tales como el peraltado de las curvas, el aumento de los radios o como se indicó anteriormente, la supresión de los pasos a nivel<sup>224</sup>.

---

<sup>223</sup> La Ley, que tampoco tuvo aplicación debido al estallido de la Guerra Civil, pretendía invertir la cantidad de 96 millones de pesetas en un plazo de 6 años en la sustitución de los pasos a nivel de las carreteras pertenecientes al Circuito Nacional de Firms Especiales,

<sup>224</sup> Así lo refleja Vicente Mariño en su artículo titulado “*Las carreteras modernas*” publicado en 1932 (número 2609) en la Revista de Obras Públicas: “*El servicio de carreteras nacionales tiene hoy tanta importancia como el de ferrocarriles, y presenta la dificultad, en nuestros días, de haber progresado enormemente el material móvil de carreteras y exigir condiciones técnicas en éstas que nadie pudo prever al construir las, en el siglo XIX, para la circulación de carros y coches con velocidad máxima de 10 km/h.*

*Hace treinta y cinco años las órdenes que recibían nuestros ingenieros eran terminantes. Los proyectos de carreteras debían estudiarse con el criterio de reducir su presupuesto a un mínimo de gastos, pues la demanda de vías de comunicación era muy grande y los recursos disponibles reducidísimos. Se exigían minuciosos tanteos del trazado en terreno quebrado para justificar el proyecto; se admitían, y casi se imponían, curvas de 20 metros de radio, y el ingeniero tenía que trabajar mucho para cerrar los presupuestos de ejecución de la carretera con un coste kilométrico de 14.000 pesetas, que era lo clásico como coste medio.*

*A principios del siglo XX empezaron a circular por las carreteras de España los primeros automóviles; pero no se tomaron en serio: eran pocos, y su velocidad no llegaba a 30 km/h, con los motores corrientes. No se varió, por lo tanto, el formulario para redactar los proyectos de carreteras económicas, y seguimos los ingenieros trabajando de sol a sol, por los riscos de España, ahorrando recursos al Tesoro y trazando curvas de 20 metros de radio en las carreteras españolas.*

*En la segunda decena del siglo XX empezaron a circular por nuestras carreteras potentes motores de 40 caballos con “autos” de turismo que, si no se les alteraban los nervios (como decían en Galicia), o no daban la vuelta de campana, podían alcanzar velocidades de 60 km/h. Y así llegamos a nuestros días, en que, modestos “autos” de 7.000 pesetas de coste, circulan por las buenas carreteras a 60 km de velocidad media, y a 75 la máxima, ofreciendo tantas garantías de tráfico normal como la locomotora más perfecta.*

*A un progreso tan evidente en el material móvil de las carreteras, España ha agregado el esfuerzo máximo que sus limitados medios económicos le han permitido para mejorar las líneas. Ese esfuerzo español creó el Circuito de Firms Especiales; ese esfuerzo español ha hecho que las modestas Jefaturas de provincia, secundando órdenes de la Dirección y sin recursos extraordinarios, hayan*

El principal problema en materia de carreteras en estos años se produce en los accesos a la red de carreteras en las grandes poblaciones. Madrid, capital del Estado, está fuertemente afectada por la saturación y colapso de sus carreteras, problema que se agrava en este periodo, y para solucionar estas dificultades se crea, por decreto de 14 de diciembre de 1932 el Gabinete Técnico de Accesos y Extrarradio de Madrid<sup>225</sup>, bajo las órdenes directas del Ministro de Obras Públicas. Los objetivos principales de este

---

*señalado, en la extensa red española, todos los puntos peligrosos para el tráfico; hayan mejorado curvas, suprimido badenes, y consiguiendo, todos, que las carreteras de España fueran envidiadas por los extranjeros en 1929.*

*Pero no basta lo hecho; allí donde una señal indica un peligro para el tránsito y un retraso para el recorrido, es preciso hacer desaparecer el peligro, es preciso mejorar la curva económica que se estableció en la construcción y aumentar su radio doblando la velocidad del recorrido. La labor afecta a casi toda la red antigua y a toda España; pero en ninguna obra más útil que ésta pueden emplearse los obreros en paro forzoso: desmontar los contrafuertes que impiden la visibilidad de las carreteras, dar a las curvas sobreanchos y peraltes, y atender, con el celo que estos últimos años se ha hecho, la conservación de las carreteras españolas. Sin vías de comunicación perfectas, de nada sirve la perfección del material móvil, de nada sirve la riqueza que creen las obras hidráulicas emprendidas”.*

<sup>225</sup> La necesidad imperiosa de la creación de este Gabinete se justificó en el prólogo del Decreto del siguiente modo: *“Tiene Madrid, en esta hora crítica de su desarrollo, planteados vastos problemas, ante los cuales el Gobierno no debe permanecer indiferente e inactivo. Acometido ya el estudio del enlace de las líneas férreas que afluyen a Madrid en forma que, además de anular la solución de continuidad que actualmente les separa, con grave daño para el tráfico peninsular, contribuya a una expansión ordenada y bella de la capital, es necesario completar este estudio con otro que abarque una red de carreteras, por la cual, mejorando hoy las existentes y construyendo otras nuevas, se amplíen los accesos a Madrid, se establezcan comunicaciones excelentes con los poblados satélite que han de levantarse al pie de los caminos de hierro electrificados, con los lugares de recreo y con los cercanos centros de producción agrícola, que habrán de ser próxima y poderosamente incrementados por medio de obras hidráulicas, y a la vez se acometa de modo conjunto, ateniéndose a procedimientos de la moderna ciencia urbanística, la magna cuestión del extrarradio, que durante varios lustros viene motivando hondas preocupaciones, sin que éstas hayan dejado aun asomar el ímpetu indispensable para resolverla. Lo que en estas materias realice el Estado debe concordar perfectamente con cuanto corresponde ejecutar al Ayuntamiento, y por ello se estima de gran conveniencia que en el órgano al cual se confía proyectos tan interesantes estén representados, con los servicios técnicos ministeriales, los del Municipio. Ese mismo órgano habrá de determinar también cuál será el emplazamiento de un edificio de nueva planta destinado a Ministerio de Obras públicas, encargándose incluso de proyectarlo en las proporciones necesarias para recoger en él las oficinas dependientes del Ministerio que, en número considerable, están dispersas por locales de alquiler, malos y caros, sin aquella estrecha vinculación con las oficinas centrales que el servicio exige”.*

Gabinete son la reordenación del tráfico y red viaria de las carreteras que parten de Madrid y comunican con las poblaciones cercanas a la capital; resolver los problemas urbanísticos del extrarradio; y proponer y proyectar un nuevo emplazamiento para el Ministerio de Obras Públicas (Nuevos Ministerios). Las principales partidas presupuestarias en materia de obras públicas se destinaban para los proyectos que debía desarrollar este Gabinete que se consideraban prioritarios, y por ello, en la legislación gubernamental se consignaban continuamente ampliaciones de estas partidas que se establecían en los planes de obras aprobados<sup>226</sup>. Entre las obras realizadas por este organismo destacan la prolongación de la Castellana, donde estaba el antiguo hipódromo; las mejoras en la carretera de A Coruña, con un ramal de Puerta de Hierro a la cuesta de las Perdices dotado con un nuevo puente que evitaba el antiguo de San Fernando; y la carretera de Castilla por la margen derecha del Manzanares. Este Gabinete, que inicialmente estuvo al cargo del Ingeniero de Caminos Alberto Laffón, tuvo continuidad durante toda la República. En 1936 estaba dirigido por Fernando Casariego.

Se debe señalar que en este periodo se produce una auténtica eclosión en la utilización del automóvil, en comparación con el empleo de estos vehículos durante la década anterior. Tal es así, que el 25 de septiembre de 1934 se aprueba el primer código de circulación, a fin de unificar las múltiples disposiciones sobre la materia emanadas de los distintos órganos de la administración y motivado por la importancia adquirida por el transporte de viajeros y mercancías por carretera. El servicio de carreteras nacional igualaba en importancia durante esos años al transporte por ferrocarril.

---

<sup>226</sup> Ley de 18 de junio de 1936 aprobando el plan general de obras del Gabinete Técnico de Accesos y Extrarradio de Madrid.

## **2.3 HISTORIA RECIENTE DE LOS PUENTES.**

Un puente es una estructura resistente que permite salvar un obstáculo, natural o artificial, para dar continuidad a una vía, bien sea una carretera, un ferrocarril o un canal. Representa un punto singular dentro del trazado, dado que sus características formales y tipológicas se diferencian de las de la vía en la que está situada. Por ello, y aunque nunca debe tratarse como elemento totalmente independiente a la hora de proyectar, construir o estudiar, el puente constituye un elemento único y diferenciable dentro del sistema de comunicación.

Además de la visión técnica que se obtiene desde el punto de vista ingenieril, el puente representa otros valores además de los puramente funcionales. En la visión de D. Carlos Fernández Casado, el puente es la máxima representación de la lucha permanente entre hombre y naturaleza materializada a través de esta construcción que pretende significar el dominio de la humanidad ante unos obstáculos y fuerzas naturales, imprevisibles e indomables, que en ocasiones se rebelan tormentosamente imponiendo sus leyes. Supone además, un nexo entre los puntos que une, favoreciendo el intercambio de elementos materiales, mercancías, y elementos inmateriales, conocimiento, cultura y progreso. En él está implícito el avance y la evolución de la humanidad en cada momento: el tipo del puente, los materiales, sus dimensiones y sus formas indican el estado de progreso y conocimiento dentro de la sociedad y la época en la que se enmarca la construcción. Representa además a la perfección la conjunción tecnología-arte, indivisible y siempre reconciliable.

El conocimiento de la historia del puente es imprescindible para el desarrollo de esta tesis doctoral. Para poder tratar la construcción o reconstrucción de puentes en un determinado momento histórico, se hace necesario conocer las características de los mismos, que van parejas a la época en la que fueron construidos. Los materiales, el tipo y las técnicas de construcción son determinantes en la realización de los puentes, y estos están claramente influenciados por el contexto histórico en el que se enmarcan. Entonces se hace necesario presentar la evolución de los puentes a lo largo de la historia, aunque sea de un modo somero.

En la historia de los puentes los materiales han tenido y tienen una importancia decisiva. La clasificación y diferenciación de los mismos en función del tipo de material empleado en su construcción es habitual, dada la influencia que éste ejerce en cuanto a tipo, dimensiones o técnicas de construcción. Por ello se puede realizar una división de la historia del puente en dos períodos: el período de los puentes de piedra y madera y el período de los puentes de hierro y de hormigón<sup>227</sup>. La primera época abarca hasta el siglo XVIII. Durante el XIX las principales realizaciones de puentes se producen con materiales metálicos cuyas características permitían la realización de puentes cada vez menos costosos, de mayores dimensiones y facilidades constructivas. El siglo XX es el siglo del hormigón, armado y pretensado. Su irrupción supuso una auténtica revolución en el arte de construir.

En primer lugar se presentará la construcción de puentes hasta el siglo XVIII, donde los materiales empleados son la piedra y la madera. El segundo bloque corresponde al siglo XIX, en el que se producen grandes progresos en la construcción con la aparición de los puentes metálicos, primero de fundición, luego de hierro forjado y finalmente de acero. Este material convivirá con las realizaciones de piedra, que irán perdiendo protagonismo a lo largo del siglo. Al final del XIX aparecerá el hormigón armado, material compuesto que alcanzará su pleno desarrollo durante el siglo XX y que supondrá el abandono definitivo de la construcción de puentes de piedra. Esto se expondrá en el último de estos bloques. En estos apartados se presentarán los hitos más importantes dentro de la historia de los puentes y de manera más específica se expondrán las realizaciones de puentes en España.

### **2.3.1 PUENTES HASTA EL SIGLO XVIII.**

La piedra y la madera son materiales de construcción naturales. Por esta condición fueron empleados para la construcción tanto civil como arquitectónica hasta finales del siglo XVIII. El uso de uno u otro se relacionaba fundamentalmente con la durabilidad requerida por la importancia del puente: *“El primer período de la historia del puente se*

---

<sup>227</sup> Esta clasificación la realiza LEONARDO FERNÁNDEZ TROYANO en su libro: *“Tierra sobre el agua. Visión histórica universal de los puentes”*. Colegio de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 1999. División que consideramos del todo acertada a la hora de abordar el estudio histórico de los puentes.

*caracteriza por un tipo de estructura, un material y una tecnología casi invariable para construir puentes durables: el puente de piedra. Y un segundo material, la madera, que podemos considerar que normalmente se utilizaba para construir puentes de segunda clase*”<sup>228</sup>.

Los puentes de madera fueron los primeros que se ejecutaron, por su bajo coste y facilidad constructiva. La madera permite hacer piezas lineales aptas para resistir esfuerzos de compresión y de tracción, y por tanto, también de flexión. Sus principales inconvenientes son la escasa durabilidad que presentan por su degradación ante condiciones ambientales adversas, la escasa resistencia ante fenómenos de avenidas extremas o su vulnerabilidad ante los incendios. Por ello, muchas de las construcciones en las que se empleaba este material tenían carácter de provisionalidad, estando prevista su sustitución por puentes de piedra que garantizaran una mayor durabilidad.

El tipo característico que los define da lugar principalmente a puentes tipo viga. Inicialmente se situaban vigas rectas que debían salvar la luz indicada apoyándose en pilares. Posteriormente, se empleó el puntal inclinado, el jabalcón, creando así una estructura pórtico para reducir la luz libre de los elementos sometidos a flexión y poder separar los apoyos una distancia mayor, aumentando la luz a salvar. Esta novedad supuso el inicio de la evolución de estos puentes hasta desembocar en puentes viga en celosía, que se desarrollarían durante el XIX<sup>229</sup> al amparo de las obras ferroviarias en Estados Unidos principalmente.. El puente arco de madera es una transposición del arco de piedra a la madera, obtenido por la superposición de arcos laminados encolados y

---

<sup>228</sup> FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO: *“Tierra sobre el agua. Visión histórica universal de los puentes”*. Colegio de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 1999.

<sup>229</sup> Aunque Palladio en sus *“Quattro libri dell’Architettura”* de 1570 ya recogía tres tipos de puentes de madera en celosía y Leonardo da Vinci presenta estructuras trianguladas de madera para puentes, demostrando ambos una clara intuición del funcionamiento de las vigas trianguladas, ésta no se desarrolla ni aplica hasta el siglo XIX. MANTEROLA ARMISÉN, JAVIER: *“Puentes. Apuntes para su diseño, cálculo y construcción”*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 2006 y FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO: *“Tierra sobre el agua. Visión histórica universal de los puentes”*. Colegio de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 1999.

grapados para proporcionar inercia al conjunto. Su empleo fue escaso, salvo algunas realizaciones en Suiza <sup>230</sup>.

Los puentes de madera se construyeron desde los inicios de la humanidad hasta el siglo XIX. Inicialmente como puentes de barcas y provisionales, pasaron luego a plantearse y construirse como puentes fijos. El gran desarrollo de los mismos se produce en el mundo occidental durante el siglo XVIII de la mano de los maestros suizos, que desarrollaron el tipo arco de este material. En el siglo XIX, en la primera mitad, al amparo del desarrollo del ferrocarril, se construyen puentes de madera en celosía, que suponen el despegue de este tipo que adoptarán posteriormente los puentes metálicos. En Estados Unidos el arquitecto Ithiel Town patentó un sistema de vigas de madera en celosía cerrada en 1820; en 1839, Herman Haupt adoptó una viga en celosía de madera formada por diagonales en una dirección y montantes verticales; William Howe desarrolla en 1840 las vigas mixtas de hierro y madera, con barras superior, inferior y cruces de San Andrés de madera y montantes verticales de barras de hierro muy delgadas; en 1844 aparecieron las vigas patentadas por Thomas Pratt, que constituían una variante de las Howe, diferenciándose por tener montantes de madera y cruces de San Andrés de hierro, más adecuado para el funcionamiento resistente de la viga triangulada. También fueron habituales las construcciones de puentes de madera en forma de pórtico de jabalcones múltiples palizada e incluso arco oblicuo y bowstring, en Inglaterra, Francia o Alemania durante la primera mitad del XIX. Posteriormente se abandonaron por el creciente uso de los puentes metálicos, y ya en el siglo XX se utilizaron en raras ocasiones, en general, de carácter provisional. Actualmente su uso se centra en la realización de pasarelas de madera laminada que permite salvar grandes luces<sup>231</sup>. No se debe olvidar que los grandes puentes de madera que se han construido en el mundo son las cimbras de los grandes arcos de hormigón..

---

<sup>230</sup> En el libro de STEINMAN, DAVID B. Y WATSON, SARA RUTH: *“Puentes y sus constructores”*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. 2ª Edición, Madrid, 2001, se puede encontrar una relación de puentes de madera ejecutados en los siglos XVIII y XIX y la evolución de los tipos.

<sup>231</sup> FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO: *“Tierra sobre el agua. Visión histórica universal de los puentes”*. Colegio de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 1999.

A lo largo de la historia se han construido innumerables puentes de madera, pero la difícil conservación y mantenimiento de estos puentes ha provocado que en la actualidad, los puentes de madera originales no se conservan por su escasa durabilidad, por ser sustituidos por otros puentes de materiales más durables o por tener que ser reconstruidos tras su destrucción por incendios o avenidas. Algunos ejemplares representativos se mantienen en aquellos países con amplia tradición maderera como son Estados Unidos y Suiza<sup>232</sup>.

En España la construcción de este tipo de puentes fue numerosa, dando cuenta de ello el diccionario geográfico de Pascual Madoz sobre puentes de madera en servicio en el siglo XIX. Existen referencias a la ejecución de puentes de este material en las primeras líneas ferroviarias peninsulares, como son las de Barcelona-Mataró y Madrid a Aranjuez. Su escasa durabilidad provocó la sustitución de los mismos al poco tiempo de su construcción presentando una vida útil escasa.

Desde la época prerromana la piedra era considerada el material eterno capaz de proporcionar una larga vida útil a las construcciones. Por eso, todo puente cuyo objetivo fuera permanecer en el tiempo se construía con este material. Para Andrea Palladio, la durabilidad de la piedra fue el motivo de que éstos sucedieran a los de madera, porque se empezaron a construir cuando el hombre empezó a buscar la inmortalidad<sup>233</sup>. Y así se entiende en la actualidad: “*el puente de piedra es el puente histórico por excelencia: se puede decir que en el sentir popular es el único que se puede calificar así*”<sup>234</sup>.

---

<sup>232</sup> En el libro de LEONARDO FERNÁNDEZ TROYANO: “*Tierra sobre el agua. Visión histórica universal de los puentes*”. Colegio de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 1999 se presenta con gran detalle la evolución de estos puentes a lo largo de la historia así como las realizaciones más importantes de puentes de madera.

<sup>233</sup> En PALLADIO, ANDREA: *I quattro libri dell'architettura*. Venecia 1570. Edición facsímil. Ulrico Hoepli editore libraio. Milano 1945 citado en FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO: “*Tierra sobre el agua. Visión histórica universal de los puentes*”. Colegio de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 1999.

<sup>234</sup> FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO: “*Tierra sobre el agua. Visión histórica universal de los puentes*”. Colegio de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 1999.

Los puentes de piedra emplean la bóveda cilíndrica principalmente<sup>235</sup> formada por dovelas como estructura resistente, pero dado el predominio de la dimensión longitudinal sobre la transversal, su comportamiento se asimila a la del arco lineal. El arco se divide en roscas independientes formadas por dovelas alternadas y trabadas. El tipo en arco es la más adecuada a las características propias del material. En primer lugar, el arco representa la geometría más apropiada para resistir los esfuerzos de compresión que generan las cargas, y la piedra posee una elevada resistencia frente a este esfuerzo; la formación del arco mediante dovelas permite la adopción de directrices que se separan de la línea antifunicular de cargas, porque se pueden crear articulaciones en las juntas entre dovelas que ayudan a encajar la línea de presiones dentro del canto, permitiendo grandes tolerancias en la geometría de los arcos<sup>236</sup>.

Los elementos de los que consta un puente de piedra, y que prácticamente se han mantenido invariables a lo largo del tiempo son: el arco de dovelas; la calzada; el relleno arco-calzada; tímpanos laterales. El elevado peso propio de la estructura dota al conjunto de una gran rigidez y estabilidad, evitando la aparición de grandes deformaciones o vibraciones. Esto les confiere la capacidad de admitir cargas muy superiores a las previstas en el momento de su construcción, dado el alto valor de la relación peso propio/carga de tráfico. Es por esto que, en la actualidad, comprobamos cómo algunos puentes romanos soportan las actuales cargas de tráfico rodado.

---

<sup>235</sup> Existen variantes a la bóveda cilíndrica, como son las bóvedas nervadas o las que tienen en los paramentos dovelas de una sola pieza que abarca todo el canto del arco, pero éstas se consideran excepciones en los tipos a las que da lugar este material. FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO: *“Tierra sobre el agua. Visión histórica universal de los puentes”*. Colegio de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 1999.

<sup>236</sup> Si la línea de presiones resultante de la aplicación de las cargas está situada dentro del tercio central de la sección, toda ella estará sometida a esfuerzos de compresión, por lo que la estabilidad está garantizada. Si esta resultante se sitúa fuera de esta zona, provocaría que en uno de los extremos de la sección se produjeran tracciones, que no tiene que suponer la ruina de la estructura. Simplemente genera una zona en la que la sección no resiste. El problema se presenta si la línea de presiones se sitúa fuera de la sección, en cuyo caso toda ella estaría sometida a tracciones, y se produciría el giro de la estructura en la zona ya debilitada. GORDON, JOHN B.: *“Estructuras o por qué las cosas no se caen”*. Celeste Ediciones, Madrid, 1999.

La construcción de estos puentes constaba de dos etapas principales. La primera de ellas era la ejecución de la cimentación. Generalmente estos puentes se construían para salvar la discontinuidad que en la vía suponía la existencia de un río. Por las dificultades que entrañaba durante su ejecución y por su conservación posterior frente a las peligrosas avenidas, la cimentación constituía el hito clave en la construcción. Era frecuente, y aún hoy se observa en estos puentes, que la ruina más común que llevaba a la destrucción del puente era la causada por el fallo de la cimentación. Su realización se hacía comúnmente a través de la hinca de pilotes. Para ello se construía un recinto estanco entre tablestacados de madera rellenos de arcilla, para garantizar la impermeabilidad del recinto. Así se podía realizar la excavación interior de las tierras y el agotamiento a través de bombas del agua del recinto. Posteriormente se procedía al hincado manual de pilotes. Los problemas que surgían dependían del tipo de terreno: en los blandos, por no alcanzar la profundidad suficiente; en los duros, por las dificultades de la hinca de pilotes con las técnicas disponibles. Para evitar socavaciones, sobre la cabeza de los pilotes se situaba una cama de tablones de madera sobre los que se colocaban los primeros sillares de las pilas. El segundo aspecto que marca la construcción de los puentes de piedra es la necesidad de realización de una cimbra provisional sobre la que construir el arco que los forma. Esta cimbra debía ser de tal perfección geométrica que garantizara que, durante el descimbramiento, no se iban a producir descensos diferenciales entre las dovelas que provocaran la inestabilidad del arco del que formaran parte, llevando con ello, a la ruina de la bóveda. Al mismo tiempo debía ser lo suficientemente rígida como para soportar las cargas de peso propio que introducían las dovelas de los arcos. Suponían un alto coste del total de la estructura, y por ello eran reutilizadas. El material empleado en las mismas era la madera.

El conocimiento científico de la tecnología del puente arco de piedra era mínimo en sus inicios. Éste comienza a perfilarse en los siglos XVII y XVIII, y eclosiona en el XIX. Hasta entonces el método de prueba y error fue acumulando conocimiento, creando un conjunto de reglas básicas que se debían conocer y seguir para tener éxito en la empresa. Se establecían normas sobre las dimensiones y las proporciones de los puentes, tal y como se indica en la siguiente tabla para las distintas épocas de construcción:

	<i>Flecha/luz</i>	<i>Esbeltez arco=espesor/luz</i>	<i>Esbeltez pila= ancho pila/luz</i>	<i>Luz máxima</i>
ROMANOS (arco de medio punto)	1/2	Mínima= 1/8 Normal= 1/12,5 Máxima= 1/18	Inicial=1 Normal= 1/2 Máxima= ¼,3	32 m
EDAD MEDIA (arco apuntado)	1/1,6	Mínimo= 1/15 Normal= 1/30 Máximo= 1/35	Normal= 1/5 Máximo= 1/6,5	72 m
EDAD MEDIA (arco escarzano o segmento de arco)	1/6,7			
EDAD MODERNA ALBERTI (XV)		1/10 (excepcional 1/15 pero siempre mayor a 30 cm)	¼ o 1/6	
<b>PERRONET (XVIII)</b>	1/15	E= 0,325+0,035L	1/10	

Datos obtenidos de: FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO: “*Tierra sobre el agua. Visión histórica universal de los puentes*”. Colegio de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 1999. y MANTEROLA ARMISÉN, JAVIER: “*Puentes. Apuntes para su diseño, cálculo y construcción*”. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 2006.

En el siglo XVIII, Perronet realiza los primeros ensayos resistentes en piedra. Sus conclusiones, más basadas en la intuición que en la seguridad de un cálculo estructural que por entonces no se había desarrollado, produjeron un gran avance en la construcción de puentes de piedra. Pese a que en 1695 Lahire en su “*Traité de Méchanique*” había empleado el polígono de fuerzas de los pesos para obtener los esfuerzos internos de las bóvedas, no es hasta 1830 cuando de la mano de Gerstner se utilizan como base para obtener polígonos antifuniculares que se aplicaban en el diseño de las bóvedas. Durante el XIX, a medida que los ingenieros fueron dominando el cálculo teórico de las estructuras mediante la resistencia de los materiales y la teoría resistente, los puentes de piedra fueron superando barreras que anteriormente parecían insalvables, mejorando técnica y dimensionalmente su construcción<sup>237</sup>.

<sup>237</sup> ARENAS DE PABLO, JUAN JOSÉ: “*Caminos en el aire. Los puentes*”. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 2002.

A lo largo de la historia del puente hubo cambios de estilo, pero no se puede hablar de transformaciones significativas en ellos desde los romanos hasta el siglo XVIII<sup>238</sup>. Se puede considerar que los puentes de arcos de dovelas se iniciaron y desarrollaron con los romanos, alcanzando una gran perfección. El arco que empleaban era el de medio punto, por lo que obtenían un rebajamiento de  $\frac{1}{2}$ . Excepcionalmente se empleó el arco rebajado<sup>239</sup>. El arco romano se caracteriza por su perfección geométrica, con dovelas iguales y con la directriz representando una circunferencia perfecta. Los puentes romanos, desde su origen hasta finales del Imperio, evolucionaron significativamente gracias a la experiencia que acumularon en los muchos puentes que construyeron. La anchura de las pilas fue disminuyendo, mejorando así la sección hidráulica del conjunto. Al mismo tiempo se situaron arquillos de aligeramiento en los tímpanos, que aligeraban el conjunto pila-tímpano y mejoraban el desagüe del puente. Los tajamares que disponían eran generalmente triangulares pequeños y de poca altura, que se remataban a la altura de los arranques de los arcos.

En España los romanos realizaron una de sus obras más grandiosas: el Puente de Alcántara sobre el río Tajo. Las pilas alcanzan la altura de 47 m y el arco de mayor luz es de 28,8 m. *“Al verlo, se tiene la sensación de estar ante algo diferente, no es comparable a ningún otro puente de piedra. Es probablemente la mejor manifestación del grado de perfección a que llegó la ingeniería romana”*<sup>240</sup>.

---

<sup>238</sup> FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO: *“Tierra sobre el agua. Visión histórica universal de los puentes”*. Colegio de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 1999.

<sup>239</sup> Un ejemplo de este tipo es el Puente de Alconétar sobre el río Tajo, que conserva arcos escarzanos de 6 y 7 m de luz. FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO: *“Tierra sobre el agua. Visión histórica universal de los puentes”*. Colegio de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 1999.

<sup>240</sup> FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO: *“Tierra sobre el agua. Visión histórica universal de los puentes”*. Colegio de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 1999.



Puente de Alcántara.

También realizaron construcciones en altura para acueductos, que resolvían por la superposición vertical de varios puentes. El ejemplo más significativo de éstos en cuanto a perfección y a envergadura se refiere, es el Pont du Gard, acueducto del abastecimiento de aguas a la ciudad de Nîmes, con arcos superpuestos de 24 m de luz y una altura total de 47 metros<sup>241</sup>.

En la Edad Media se emplearon en la construcción distintos tipos de arcos: el semicircular; el segmento circular o escarzado (Ponte Vecchio en Florencia en 1345); el rebajado o carpanel (Puente de Santa Trinidad en Florencia 1566-1569); y el arco apuntado. Este último tipo fue el que predominó en la época, por influencia del desarrollo del estilo gótico en las catedrales, pero estructuralmente, para los puentes, parte de un error conceptual. Esta forma es la antifunicular del arco sometido a una carga puntual en la clave, pero en los puentes de piedra la carga es distribuida y se concentra en los riñones, no en la clave. Además eleva, por el apuntamiento, la relación flecha/luz a  $1/1,6$ <sup>242</sup>. El arco de segmento circular posee un gran fundamento estructural al eliminar la parte inferior del arco por la que realmente no pasa la línea de presiones<sup>243</sup>. Con ello también reducen la relación flecha/luz, produciendo un gran

---

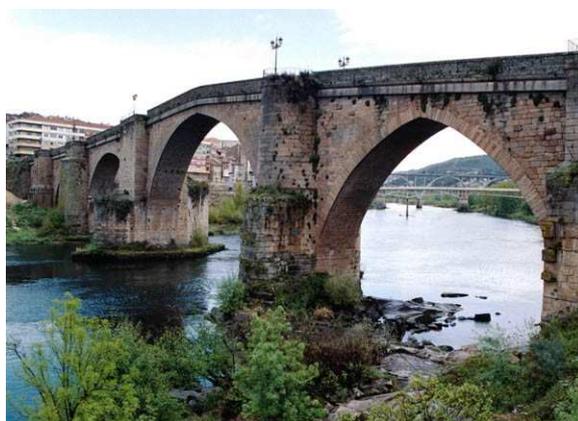
<sup>241</sup> FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO: *“Tierra sobre el agua. Visión histórica universal de los puentes”*. Colegio de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 1999.

<sup>242</sup> MANTEROLA ARMISÉN, JAVIER: *“Puentes. Apuntes para su diseño, cálculo y construcción”*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 2006.

<sup>243</sup> El antifunicular de las cargas se desvía de la geometría exterior y se introduce en el cuerpo del tímpano que es donde se equilibra su carga con la del arco vecino. MANTEROLA ARMISÉN, JAVIER: *“Puentes. Apuntes para su diseño, cálculo y construcción”*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 2006.

rebajamiento. Los arcos de los puentes medievales no suelen tener la perfección geométrica de los romanos pero en este período se entendía mejor su comportamiento resistente<sup>244</sup>. También se caracterizan por la ejecución con una rasante en pendiente, en “lomo de asno”, creciente desde los estribos al centro del puente. Las razones que motivan esta pendiente provienen de la ejecución por medio de un arco apuntado, que eleva la flecha del puente, y las cotas diferenciadas entre los extremos del puente. Los tímpanos solían disponer de arquillos de aligeramiento que fueron cayendo en desuso a lo largo del período. Los tajamares que se disponían se elevaban hasta la coronación del puente creando balconillos. Las luces de estos puentes medievales son en general mayores que las de los puentes romanos. Los puentes medievales solían disponer torres de defensa y control en el centro o en los extremos del puente, demostrando el valor estratégico que poseían en la época. Así mismo, también era frecuente la realización de edificaciones sobre los puentes.

En España los grandes arcos góticos son apuntados. El arco principal de la Ponte Vella de Ourense sobre el río Miño tiene 38 m de luz; el arco principal del puente de San Martín en Toledo sobre el Tajo cuenta también con 38 m de luz; y el Puente del diablo en Martorell sobre el río Llobregat posee 37 m de luz.



Ponte Vella de Ourense.

---

<sup>244</sup> En muchos casos los arranques de los arcos góticos están hechos con sillares horizontales de borde curvo, que se mantienen hasta una cierta altura formando un salmer, y a partir de él se inicia el arco propiamente dicho. Así se limita la estructura del arco a un sector de menos de 120°, que es el que realmente funciona como arco. Esta disposición es similar, en cuanto a comportamiento resistente, a la de un arco escarzano o de segmento circular. FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO: *“Tierra sobre el agua. Visión histórica universal de los puentes”*. Colegio de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 1999.

En el Renacimiento se empezaron a utilizar con más frecuencia los arcos carpaneles (arcos de varios centros) y los escarzanos (arcos circulares rebajados), pero no se produjeron cambios importantes en los puentes de piedra hasta el siglo XVIII. Los puentes empiezan a ser considerados como estructuras arquitectónicas y por ello se comienza a realizar en los mismos un tratamiento formal y ornamental. Se caracterizan por volver a la rasante horizontal o casi horizontal, con perfil en “lomo de asno” más tendido, conseguido por la ejecución de puentes con arcos de luces decrecientes desde el arco central a los extremos. Para conseguir rasante horizontal en puentes con arcos de luces decrecientes sin recrecer los tímpanos, hubo que elevar los arranques de los arcos del centro a los extremos, manteniendo las claves a la misma altura. Las luces de los puentes son en general menores que las de los puentes medievales, pero aún así se hicieron puentes de luces importantes.

En España los puentes más representativos de la época son: el puente de Benamejí sobre el río Genil, que cuenta con una luz máxima de 31 m; el puente de Montoro sobre el río Guadalquivir de 28 m de luz máxima; y el puente de Almaraz sobre el río Tajo, con 38 m de luz.

En los siglos XVII y XVIII se construyeron un gran número de puentes por el notable aumento en la realización de las vías de comunicación. Se siguió empleando el arco de medio punto, pero cada vez fue más frecuente el arco carpanel, y en menor medida el escarzano. El rebajamiento de los arcos era cada vez mayor.

El siglo XVIII marca la separación entre las dos disciplinas profesionales: arquitectura e ingeniería. Se puede asegurar que el momento clave se produce con la creación en 1716 del cuerpo de ingenieros de Ponts et Chaussées y la fundación en 1747 de la École Royale des Ponts et Chaussées en Francia por Juan Rodolfo Perronet. A partir de este momento se formarán técnicos puros en el arte de la construcción, los ingenieros, que se encargarán de trasponer la racionalidad científica a este campo. *“De algún modo, en una época que exalta y confía en la razón, esa emancipación representa la valoración del transporte y del comercio, de la comunicación de los hombres, ideas y mercancías y, por tanto, de las carreteras y los puentes, como condición inexcusable del desarrollo de las sociedades humanas. Es, frente al mundo ideal de los platónicos, la cruda realidad*

*de los fisiócratas preocupados fundamentalmente por las que ellos consideran fuentes auténticas de la riqueza de las naciones*”<sup>245</sup>. Los demás países europeos, salvo Gran Bretaña, copiarían con mayor o menor fidelidad el modelo francés.

Es durante este siglo cuando se producen los más significativos avances relativos a los puentes de piedra, principalmente en Francia. En primer lugar se produce un progreso en las técnicas de construcción. Localizada la cimentación como punto débil de estas estructuras de piedra, los avances se encaminan a mejorar su construcción. Los pilotes de madera rematados en azuches de hierro eran hincados mediante golpeo con martinete. En encepado de sus cabezas se realizaba por medio de un emparrillado de troncos horizontales, sobre el que se situaría la sillería. La precaución adicional para evitar socavaciones, provenía del sellado del hueco periférico que quedaba entre la pila y la pared interna del recinto de madera, colocando grandes piedras a modo de escollera de coronación. Suponía una garantía de estabilidad para los pilotes de madera<sup>246</sup>. Los otros progresos significativos se produjeron en la construcción del puente de Westminster en 1736 de la mano de Carlos Labeyle. Emplea como técnica de cimentación los cajones flotantes de madera con fondo empedrado que se apoyará en el fondo del cauce. Tenía paredes de madera que se retiraban una vez se materializaba la construcción de las pilas de sillería dentro de ese recinto. Además realizó perfeccionamientos mecánicos como la sierra que permite cortar la cabeza de los pilotes de madera bajo el agua y el martinete de hinca con suelta automática de la maza<sup>247</sup>.

En segundo lugar, se produce un avance tipológico y formal en los puentes de piedra, que se realiza en dos etapas. En la primera, que abarca al primera mitad del XVIII, los puentes de piedra se construyen con arcos carpaneles más o menos rebajados. Algunos

---

<sup>245</sup> ARENAS DE PABLO, JUAN JOSÉ: “*Caminos en el aire. Los puentes*”. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 2002.

<sup>246</sup> ARENAS DE PABLO, JUAN JOSÉ: “*Caminos en el aire. Los puentes*”. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 2002.

<sup>247</sup> Con la sierra de corte de las cabezas de los pilotes se consigue que la base de sillería de la pila quede lo suficientemente profunda, evitando la inestabilidad que significan los pilotes que asomaban sobre el fondo del cauce. El martinete con suelta automática implica el reemplazo en su uso de la fuerza humana por la animal. ARENAS DE PABLO, JUAN JOSÉ: “*Caminos en el aire. Los puentes*”. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 2002.

puentes presentan arcos de luces variables y perfil en “lomo de asno” más o menos acusado. Otros tienen arcos de luces iguales y perfil horizontal. Los tajamares presentan secciones diferenciadas, triangular, recta o curvilínea, rematados con sombreretes y terminados a la altura de la coronación de los arcos. La revolución principalmente dimensional en estos puentes se produce a partir de 1750 y de la mano de Perronet, considerado el primer ingeniero moderno<sup>248</sup>. Los cambios significativos que introdujo fueron:

- Disminución del ancho de las pilas hasta 1/10 de la luz del arco. Con esto se mejoraba la sección hidráulica del puente y, al producir una menor perturbación en el curso del agua, reducía el peligro de socavación. Pero exigía la construcción simultánea de todos los arcos para evitar la descompensación de fuerzas horizontales sobre la pila<sup>249</sup>. Perronet llegó a plantear la sustitución de pilas macizas por pilas compuestas por varios apoyos cilíndricos.
- Aumento del rebajamiento de los arcos, llegando a 1/15.
- Empleo básicamente de arcos escarzos (de un solo centro) y arcos de curvatura variable (de varios centros), cuyos radios crecían desde los arranques hasta la clave formando la curva conocida como “anse de panier”<sup>250</sup>. El empleo del “corne de vache” fue un recurso muy utilizado para suplir la discontinuidad

---

<sup>248</sup> FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO: “*Tierra sobre el agua. Visión histórica universal de los puentes*”. Colegio de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 1999.

<sup>249</sup> Compensando las fuerzas horizontales que llegan a la pila por los arcos, siempre que estos sean iguales, se puede construir una pila más delgada, dado que la única carga que debe resistir es la vertical generada por el peso propio. Si posteriormente se carga el puente de manera asimétrica, esto es, un arco sí y el siguiente no, habrá descompensación de empujes, pero dada la relación entre el peso propio del puente y la carga del tráfico, la inclinación de la resultante debida a esta descompensación es muy pequeña.

Para evitar estas descompensaciones que se podrían producir durante la construcción y que provocarían la ruina de la pila, era necesario construir todos los arcos de manera simultánea. El descimbramiento era espectacular, como en el caso del puente Neuilly sobre el Sena. Otra alternativa consistía en crear dos tipos de pilas en el mismo puente, intercalando entre las delgadas una pila gruesa que sirviera de freno ante el posible hundimiento de los arcos. FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO: “*Tierra sobre el agua. Visión histórica universal de los puentes*”. Colegio de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 1999.

<sup>250</sup> FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO: “*Tierra sobre el agua. Visión histórica universal de los puentes*”. Colegio de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 1999 y ARENAS DE PABLO, JUAN JOSÉ: “*Caminos en el aire. Los puentes*”. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 2002.

entre arco y pila, realizando una transición entre el arco carpanel que forma el núcleo de la bóveda y el arco escarzano del paramento.

Los puentes de Perronet crearon escuela. En Francia la adopción de este tipo fue unánime, localizándose gran número de estas realizaciones, que posteriormente traspasarían fronteras y se implantarían en el resto de países europeos.

En la España del siglo XVIII la red de comunicaciones terrestres, vía caminos, era limitada en cuanto a su disposición sin planificación central del Estado, y en cuanto a su conservación, que estaba encomendada a los pueblos y a sus corregidores. Las vías de comunicación eran sólo suma y yuxtaposición de caminos parciales que no podían componer una red coherente. Con la necesidad de articular el territorio a través de una red viaria apropiada, surge aparejada la de la construcción de puentes, que deberán salvar la discontinuidad que introducen los ríos.

Hasta el siglo XVIII, los puentes que habían sido construidos en la red de carreteras se detallan en la siguiente tabla:

<b>PUENTES PIEDRA EN ESPAÑA HASTA EL SIGLO XVIII (en los cruces de las seis carreteras radiales con los grandes ríos de la Península)</b>			
<b>CRUCE DE LA NACIONAL I</b>			
<b>NOMBRE</b>	<b>LUGAR</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
Aranda	sobre río Duero	Piedra	Puente romano
Arlanza en Lerma		Piedra	Puente en lomo de asno del XVII
Puente Malatos (Burgos)	sobre río Arlanzón	Piedra	
Miranda	sobre el río Ebro	Piedra	Desde Alfonso VI
<b>CRUCE DE LA NACIONAL II</b>			
<b>NOMBRE</b>	<b>LUGAR</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
Puente de Viveros	sobre el Jarama	Piedra	Reemplazó a otro puente
Puente de piedra en Zaragoza	sobre el Ebro	Piedra	
	sobre el río Gállego	Madera	
Fraga	sobre el Cinca	Madera	
Molins del Rey	sobre el Llobregat	Sillares rojizos	
<b>CRUCE DE LA NACIONAL IV (Madrid a Sevilla y a Cádiz)</b>			
<b>NOMBRE</b>	<b>LUGAR</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
Puente Largo	sobre el Jarama	Piedra	Reemplazó al puente de barcas. Comenzado en época de Fernando VI
Aranjuez	sobre el Tajo	Madera	No fue reemplazado hasta 1833 por uno metálico.
Puente Córdoba	sobre el Guadalquivir	Piedra	Puente romano
Puente Alcolea	sobre el Guadalquivir	Mármol negro	20 arcos
<b>CRUCE DE LA NACIONAL V (Madrid a Badajoz y Portugal)</b>			
<b>NOMBRE</b>	<b>LUGAR</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
Puente de Almaraz en el puerto de Miravete	sobre el Tajo	Piedra	Desde 1537
Puente de Mérida	sobre el Guadiana	Piedra	Puente romano
Puente de Palmas	sobre el Guadiana		Desde finales del XV
Arroyomolinos	sobre el Guadarrama	Madera	
<b>CRUCE DE LA NACIONAL VI (Madrid a A Coruña)</b>			
<b>NOMBRE</b>	<b>LUGAR</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
Puente de Segovia (Madrid)	sobre el Manzanares	Piedra	Desde finales del XVI. Autor: Juan de Herrera
Puente de San Fernando (Madrid)	sobre el Manzanares	Piedra	Bajo reinado de Fernando VI
Puente	sobre el Guadarrama		
Arévalo (entre Ávila y Segovia)	sobre el río Arevalillo	Ladrillo y mampostería	
Tordesillas	sobre el Duero		Desde el siglo XV
Puente de Castrogonzalo (cerca de Benavente)	sobre el Esla		

Puentes en la red de carreteras de España<sup>251</sup>.

Las obras de puentes españolas desarrolladas durante el siglo XVIII no resisten comparación con lo hecho hasta entonces en Francia. En cuanto a la ejecución, aquí no se emplearon las técnicas de cimentación avanzadas como los cajones flotantes, y no se atacaba con rectitud el problema hidráulico, ejecutando puentes con anchas pilas que reducían la sección de desagüe del río. Respecto a su tipo, pese a los avances sobre todo producidos en Francia de la mano de Perronet, en España seguían ejecutándose bóvedas de medio punto, sin rebajamiento, achacable al desconocimiento y al clasicismo que se imponía desde la Academia de Bellas Artes de San Fernando. El atraso histórico en la ejecución de puentes era palpable, lo que exigía la instauración de una escuela para la

<sup>251</sup> Datos extraídos de ARENAS DE PABLO, JUAN JOSÉ: “*Caminos en el aire. Los puentes*”. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 2002.

formación de técnicos especializados<sup>252</sup>. De ello dejó constancia D. Agustín de Betancourt en su *“Noticia del estado actual de los caminos y canales de España, causas de sus atrasos y defectos, y medios de remediarlos en adelante”* en donde lamenta las malas artes empleadas hasta el momento en la ejecución de puentes: *“No son ménos los yerros que se han cometido en la construcción de los puentes. Es un dolor ver la mayor parte de los que se han ejecutado en el siglo pasado, que si no se estuviesen reparando continuamente, pronto habría que reedificarlos, por estar mal fundados. La total ignorancia de los arquitectos en este género de obras por no tener la menor idea de los principios de la hidráulica es causa de este lastimoso mal.*

*El puente de la Rambla de la Viuda (á nueve leguas de Valencia hacia Barcelona), uno de los de primera consideración, y que tiene muy bien construida la parte que está fuera del agua, al tiempo que lo reconocí en el año próximo anterior, hallé que estaba fundado sobre grava, sin ningun pilotaje debajo, y en término que las avenidas del año de 1801 socavaron los cimientos, de suerte que se veían las cepas al aire sobre la grava, y si no hubiera acudido prontamente á su remedio, disponiendo una sólida reparación, hubiera caido irremisiblemente este invierno.*

*En el Júcar se han gastado cerca de ocho millones en la construcción de un puente seco de sólo tres arcos, que según todas las probabilidades será inservible; pues para su conclusión es necesario dirigir el rio por un nuevo cauce, y hacer además otras obras indispensables, para las que se necesitan todavía cerca de seis millones, y aún entonces nadie podrá asegurar que el rio no vuelva á la antigua madre que la naturaleza al cabo de siglos le ha fijado. El primer error de este malogrado proyecto consistió en empeñarse en una obra de tanta consideracion sin absoluta necesidad. A éste siguió la ninguna inteligencia del que la dirigió, pues ántes de aparecer la fábrica sobre la superficie del terreno, gastó, por no saber ejecutar los malecones y desagües, dos veces más de los que habia regulado la conclusión de toda la obra.*

*El puente y murallones de Murcia, el puente largo de Aranjuez, y generalmente todos los puentes de Castilla, se resienten de la mala fundacion, en términos que por este*

---

<sup>252</sup> En el siglo XVIII el Consejo de Castilla se ocupaba de la aprobación de las obras públicas, mientras que la Real Academia de San Fernando aprobaba los diseños de los puentes. La descoordinación entre ambas entidades era constante, lo que provocaba que existiera un notable desorden e ineficacia en la construcción de puentes. ARENAS DE PABLO, JUAN JOSÉ: *“Caminos en el aire. Los puentes”*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 2002.

*defecto, sobre ser un censo perpétuo para el público por los continuos reparos que necesitan, no permanecerán ni la décima parte de lo que durarían si la fundacion se hubiera hecho como requieren esta clase de obras.*

*Sería muy largo referir todos los puentes construidos en estos últimos tiempos, que por su mala fundacion se han venido abajo, pocos años después que se han concluido, algunos acabados de hacer, y otros aún antes de concluirse. Finalmente, si se pudieran calcular las sumas invertidas inútilmente, ya por falta de ciencia en los que han dirigido las obras de caminos y puentes, ó ya por no haber habido un sistema fijo en la administracion, fácilmente se convencería V. E. que hubiera habido con que hacer enteramente las principales carreteras del reino...*

*Así no debemos admirarnos de que entre todos los proyectos de puentes que existen en la Inspeccion general y contaduría de Caminos, y aún en los que han pasado á la Academia de San Fernando remitidos por el Consejo, ya formados por los arquitectos académicos, por algunos ingenieros ó por otros individuos que se llaman facultativos, no haya, como no hay, uno solo que trate de los medios que se han de emplear para fundarle con solidez: no se halla ninguno que haya dicho las precauciones que se deben tomar para impedir las filtraciones en los malecones ó ataguías, los medios de formar éstas, y el cómo se pueden vencer las dificultades que presente el terreno al tiempo de hacer el cimiento; en suma, el que más, se ha contentado con decir alguna palabra general, que nada significa, y consiguiente á esta falta de prevision y conocimientos son los cálculos que han formado del coste que ha de tener la obra, ya formándolos á su antojo, ó desentendiéndose enteramente de todos los gastos de su fundacion, y valuándola como si tuviese que hacerse en un terreno seco.*

*El puente de Castro Gonzalo, paso indispensable para la comunicación de Castilla con Galicia, Astúrias y Leon, está arruinado más de cincuenta años há, y sólo se ha habilitado con unos cuantos maderos mal colocados y peor asegurados, con gravísimo peligro de los transeuntes; se ha tratado varias veces de su reedificacion, y en los reconocimientos y expedientes se ha gastado tanto como hubiera costado su reparacion. La diversidad de los cálculos de los arquitectos, que el que ménos ha errado en suponer tres veces más de lo necesario, ha sido causa de que hasta el presente año no se haya emprendido esta obra tan importante. Por el contrario, el puente de Puentes de Hume, situado en el camino que va de la Coruña al Ferrol, y uno de los más importantes del reino, se halla tan arruinado, que ya casi no admite reparacion; el reconstruirlo está calculado por un arquitecto que lo ha reconocido*

*pocos años há, en poco más de dos y medio millones, y según su magnitud y localidad, se puede asegurar sólo con ver el plan, que no bajará de 10 millones, por más economía y sencillez que se observe en su construcción. De esta falta de principios para formar los presupuestos, han dimanado las contrataciones hechas á ciegas, los pleitos que han ocasionado á los asentistas, y la mala construcción de las obras”<sup>253</sup>.*

Los principales puentes realizados en el siglo XVIII y sus características principales, se presentan en el siguiente cuadro.

---

<sup>253</sup> En la Revista de Obras Públicas. “Noticia del estado actual de los Caminos y Canales de España, causas de sus atrasos y defectos, y medios de remediarlos; Dada al Excmo. Sr. D. Pedro Cevallos por D. Agustín de Betancourt: Año de 1803”. Madrid, Año de 1869. Tomo I, nº 5, nº 6, nº10 y nº 13.

PUENTES EN ESPAÑA EN EL XVIII										
NOMBRE	LUGAR	MATERIAL	TIPOLOGÍA	LUZ	PILAS	DESCRIPCIÓN	AÑO	AUTOR	COMENTARIOS	
Puente de Viveros	sobre el río Jarama	Piedra	Bóveda			Tajamares triangulares aguas arriba, coronados por esferas.	1772	Marcos de Vierna	En el siglo XVIII servía al Camino Real de Aragón, muy transitado. Utilizado en la actualidad como calzada derecha de la autovía Madrid-Alcalá de Henares. Durante la construcción se ejecutó un puente de madera Ferrocarril de Madrid a Zaragoza y Barcelona. Ampliado en las últimas décadas.	
Puente de FC (aguas abajo del anterior)	sobre el río Jarama	Ladrillo	Bóveda				finales XIX			
Puente de Oltoniego, cercano a Oviedo (Asturias)	sobre el río Nalón	Piedra	3 Bóvedas de medio punto	18 m aprox		Pilas aguas abajo reforzadas con contrafuertes rematadas por cuerpos troncopiramidales y con tajamares de planta triangular en la otra cara			Sustitución de un puente medieval al que en 1676 abandonó el río.	
Puente de San Fernando (Madrid)	sobre el Manzanares	Piedra	8 bóvedas de medio punto	10 m		Tajamares semicilíndricos coronados por sombreretes troncocónicos gallonados			desde el Pardo hacia la autopista de A Coruña en dirección Las Rozas.	
Puente	sobre el río Guadarrama	Piedra	9 bóvedas de medio punto	10 m		Tajamares de planta triangular aguas arriba y semicilíndricas aguas abajo			Carretera de Las Rozas a El Escorial	
Puente largo de Aranjuez		Piedra	25 bóvedas	8 m (total 340 m)	4 m	Tajamares de planta triangular.		Marcos de Vierna 1761	Reinado de Fernando VI, en sustitución de un puente de barcas, para mejor acceso al Real Sitio de Aranjuez.	
Puente de Molins del Rey	sobre el río Llobregat	Piedra	15 bóvedas	9 Centrales= 20 m (total 340 m)		Tajamares triangulares. En 1 de cada 3 pilas ascienden hasta la plataforma. Cimentación por pilotes de madera de pino hasta 8 m de profundidad. Cada pila tenía 170 pilotes hincados.		Pedro Martín 1767	Carretera Madrid a Barcelona. Desaparecido en 1971.	
Tablete I	sobre barranco de Tablete	Piedra	Muro con arco de medio punto.						Carretera de Granada a Motril, al sur de Granada.	
Tablete II	sobre barranco de Tablete	Piedra	Bóveda de medio punto						Época de Isabel II	
Puente de Toledo (Madrid)	sobre el Manzanares	Piedra	9 bóvedas de medio punto	(total= 180 m)	ancho= 5 m	Semitambores de pilas que llegan hasta la plataforma. Decoración profusa		Pedro Ribera 1735		
Puente de Casalarreina (La Rioja)	sobre el río Oja	Piedra	3 bóvedas de	3*12+p,5				Antonio 1830	Existen construcciones anteriores que fueron destruidas. En camino carretero de Gimileo a Pancorbo.	
Puente de Ronda	sobre el río Tajo	Piedra	3 bóvedas	<15 m		Macizos de sillería imponentes de 90 m de altura.		José Martín Aldehuela		
Puente del Castro	sobre el río Torio	Piedra	11 bóvedas			Perfil en lomo de asno. Bóveda central está enmarcada con tambores semicilíndricos que llegan hasta la plataforma. Tajamares de planta ojival aguas arriba y semicilíndricos aguas abajo, con sombreretes gallonados.		1787	Camino de Santiago, entrada a León desde Valladolid.	

Puentes construidos en el siglo XVIII en España<sup>254</sup>.

254 Listado elaborado a partir de ARENAS DE PABLO, JUAN JOSÉ: “Caminos en el aire. Los puentes”. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, 2002.

En el siglo XIX, se produjo el gran desarrollo de los puentes metálicos. Sin embargo se continuó la construcción de puentes de piedra incluso hasta las primeras décadas del siglo XX, donde finalmente fueron sustituidos por los puentes de hormigón armado. Las luces de los arcos cada vez fueron mayores, llegando a alcanzar los 61,5 m<sup>255</sup>. Las pilas mantenían las esbelteces alcanzadas por Perronet y se seguía empleando el recurso formal del “corne de vache”. El gran progreso de la época se realiza en las construcciones de Sejourné que sustituye la bóveda continua de los puentes por dos bóvedas de tamaño reducido y arriostradas transversalmente, antecedente claro de los arcos de hormigón. Así llega a alcanzar los 80 m de luz libre<sup>256</sup>.

Destacan los viaductos de piedra para el ferrocarril que por las alturas que debían alcanzar, se ejecutaron en similitud con los acueductos romanos. Las pilas se arriostraban mediante arcos a distintas alturas aunque estas formas se fueron abandonando a favor de las pilas exentas

### **2.3.2 PUENTES CARACTERÍSTICOS DEL SIGLO XIX. PUENTES EN ESPAÑA.**

El siglo XIX es para el mundo occidental el siglo de la industrialización. Con una evolución diferenciada en cada uno de los países, se fue implantando y modificando en esencia el sector económico, productivo, social e incluso político. El cambio, calificado de revolución, supuso una nueva era, a la que no estuvo ajena el mundo de la construcción, primero con la aparición de nuevos materiales aptos para la ejecución de estructuras y posteriormente con los avances en el conocimiento científico de los mismos.

Se produjo una transformación radical en la construcción de puentes, permitiendo posibilidades mucho mayores, lo que desembocó en un rápido desarrollo y una notable

---

<sup>255</sup> Alcanzado en el puente ferroviario de Lavaur en 1884 construido por Sejourné. FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO: “*Tierra sobre el agua. Visión histórica universal de los puentes*”. Colegio de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 1999.

<sup>256</sup> En el puente Adolfo en Luxemburgo. MANTEROLA ARMISÉN, JAVIER: “*Puentes. Apuntes para su diseño, cálculo y construcción*”. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 2006.

evolución de las estructuras metálicas. El desarrollo e implantación de los materiales metálicos para la construcción de puentes se debía a la facilidad de producción y reducción del coste de fabricación y a las nuevas necesidades que exigía el ferrocarril. Se hacía necesario diseñar estructuras de poco peso, capaces de soportar el paso de cargas móviles de una intensidad estática y generadoras de unas acciones dinámicas, las locomotoras, que hasta entonces no se habían experimentado. Al mismo tiempo el ferrocarril imponía una geometría exigente, con radios mínimos muy superiores hasta los entonces necesarios para la carretera y pendientes extremadamente reducidas. Lo que se traducía en la necesidad de atravesar valles y gargantas sin perder cota, por medio de viaductos de grandes luces y fuertes alturas sobre el fondo.

El desarrollo de los materiales metálicos proporcionó elementos de características cada vez mejores. Los materiales derivados del hierro empleados en la construcción son la fundición, el hierro forjado y el acero. Entre ellos existen diferencias de composición y fabricación que influyeron de manera notable en la configuración de las estructuras y los puentes.

Inicialmente se trabajó con la fundición, material duro, quebradizo y de trabajabilidad deficiente pero fácilmente moldeable, no oxidable y con una alta resistencia a la compresión ( $5000 \text{ kg/cm}^2$ ). Como inconvenientes presenta una baja resistencia a la compresión y un bajo módulo de elasticidad. Posee un contenido en carbono superior al 2% y la obtención de la pieza se hacía por moldeo, vertiendo hierro líquido.

El hierro forjado es un material de menores impurezas y menor contenido en carbono, aunque continuaba siendo superior al 2%. El proceso de forjado mediante golpeo, o el laminado en caliente, mejoraron las características mecánicas del material. La laminación supuso la aparición de chapas y perfiles metálicos, elementos que desde entonces han conformado en gran medida las estructuras metálicas. Las resistencias a tracción aumentaron así como el módulo de elasticidad, obteniéndose un material apto para la fabricación de vigas laminadas. *“El hierro forjado es el material de los puentes*

*de la segunda mitad del siglo XIX, la época de los grandes viaductos de ferrocarril en viga triangulada; de este material son las vigas en celosía y los arcos de Eiffel*<sup>257</sup>.

A finales del siglo XIX se inicia la fabricación industrial del acero, tras el desarrollo del horno de reverberación por el alemán Bessemer en 1856, mejorado por el horno regenerativo con recuperación de calor de Siemens-Martin en 1866. Con estos sistemas se podía fabricar el acero en cantidades industriales con un precio y una calidad adecuados. El acero es una aleación de hierro con carbono en cantidades reducidas menor al 2%, lo que mejora las características de resistencia, ductilidad y tenacidad frente a los otros materiales metálicos. Aumenta enormemente la resistencia a tracción (hasta 2000 kg/cm<sup>2</sup>) y el módulo de elasticidad. Desde finales del siglo XIX el acero se impuso como material de construcción sobre el hierro.

Durante el siglo XIX se producen los grandes avances en el campo científico de la resistencia de materiales, obligado por el empleo de los nuevos materiales en las estructuras resistentes<sup>258</sup>. En 1809 Thomas Young establece el módulo de elasticidad. En 1826 Navier presenta el tratado “Lecciones de resistencia de materiales”, que constituye el arranque del cálculo de vigas continuas, rectas o curvas, y establece el método general de análisis de problemas estáticamente indeterminados. Continúa Saint-Venant en 1853 con un planteamiento riguroso para el cálculo de la torsión y la flexión

---

<sup>257</sup> FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO: “*Tierra sobre el agua. Visión histórica universal de los puentes*”. Colegio de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 1999

<sup>258</sup> Los nuevos arcos de fundición y de hierro forjado plantean la necesidad de cálculos afinados. Empleando la piedra como material de construcción en los puentes para alcanzar la estabilidad, es necesario que la línea de presión se sitúe dentro de la directriz del arco. Dado que el peso propio de la estructura es elevado, el hecho de que se adicione sobrecargas de uso o móviles no modifica en esencia la línea de presiones por la insignificancia que estas cargas suponen respecto al peso propio. Pero en el caso de los arcos metálicos contamos con una gran ligereza de peso y cantos reducidos, lo que provoca que una sobrecarga móvil produce variaciones significativas en el estado tensional del puente. Así la estabilidad se consigue no por mantener la línea de presiones dentro del espesor de la bóveda, incluso puede estar situada fuera, sino por garantizar que los valores máximos de las tensiones en las fibras extremas de cada sección del arco no superen en ningún caso los valores límite de las tensiones admisibles. Para asegurar esto se hacía necesario contar con métodos gráficos o matemáticos que permitieran determinar los esfuerzos en cada sección. ARENAS DE PABLO, JUAN JOSÉ: “*Caminos en el aire. Los puentes*”. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 2002.

y Clapeyron en 1857 presenta la solución para el cálculo de esfuerzos en vigas continuas de sección constante para cualquier número de vanos. En cuanto a las aplicaciones al cálculo estructural, Kart Culmann desarrolla a mediados de siglo el método gráfico<sup>259</sup> para el cálculo de estructuras en general, y más concretamente, para el cálculo de celosías, que continuarán Ritter en Zurich (1882), Möhr y Müller-Breslau en Alemania y Luigi Cremona en Italia. La necesidad del desarrollo de métodos algebraicos para el cálculo de las deformaciones en las barras de las estructuras trianguladas sobreadundantes hace que en 1864 Maxwell plantee el teorema de la reciprocidad. Mohr en 1874 presentó el concepto de los trabajos virtuales para la aplicación en el cálculo de arcos en celosía.

Los tipos estructurales empleadas fueron avanzando durante el siglo a medida que se experimentaba con los nuevos materiales y se producía el avance en el conocimiento de su comportamiento resistente. A continuación se presentará una breve descripción del progreso en cada uno de los tipos: puentes viga; puentes arco; puentes colgantes y puentes atirantados. Su implantación se produce de manera simultánea en el tiempo, pero para facilitar la comprensión, se presentan agrupadas en función de su tipo y no cronológicamente o en función de los materiales.

### **1.Puentes de tipo viga**

Podemos diferenciar aquí entre los tipos de puentes viga que se desarrollaron a lo largo del XIX: los puente viga en celosía, puentes viga triangulados y los puentes viga con sección cajón. Ambas proceden de la laminación del hierro, que da lugar a perfiles y chapas de este material. La chapa dio lugar a las vigas cajón y los perfiles formaron las estructuras trianguladas o vigas en celosía.

Las vigas en celosía surgieron por la sustitución de la madera por hierro forjado en las antiguas celosías de madera. Su uso y desarrollo para la fabricación de puentes fue

---

<sup>259</sup> La estática gráfica permite el cálculo de las reacciones de apoyo y, a partir de ellas, los esfuerzos internos en las barras que componen las celosías. Suponía una profunda comprensión del mecanismo resistente de la estructura porque enfatiza la idea geométrica de la estructura. Hace hincapié en la idea de que un cambio de diseño geométrico del puente conduce a esfuerzos también distintos en sus diferentes piezas. ARENAS DE PABLO, JUAN JOSÉ: “*Caminos en el aire. Los puentes*”. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 2002.

rápido y notable. La evolución en sus disposiciones se inicia en torno a 1840 y el perfeccionamiento e implantación se consigue en los años 60 del siglo XIX: “*La ligereza de estas soluciones en celosía permitió un desarrollo espectacular de los viaductos ferroviarios de tramo recto...De hecho, en el siglo XIX, a lo largo de los años 60, casi se construyen sólo puentes de tramo recto con triangulaciones de barras. Y es a partir de los 70 cuando aparecen las soluciones arco de hierro y acero*”<sup>260</sup>. La implantación se produjo por el ahorro de materiales que suponía frente a las vigas de alma llena o sección cajón (como en el puente de Britannia del que hablaremos más adelante), al mismo tiempo que permitía salvar grandes luces. La triangulación enlaza de modo rígido las cabezas superior e inferior de la viga y las obliga a colaborar mutuamente para soportar los esfuerzos de flexión<sup>261</sup>.

Las primeras celosías son en madera y de tipo Town. En ellas el alma es una celosía compuesta por dos familias de tablas a 45 grados respecto de la vertical en una y otra dirección. A continuación se ejecutaron vigas tipo Howe: celosía múltiple de diagonales comprimidas de madera y montantes verticales traccionados de hierro forjado. En 1845 los elementos de madera se sustituyen por elementos metálicos de fundición. En 1842 se patenta la viga tipo Pratt, idéntica a la Howe salvo que pone las diagonales a tracción y los montantes a compresión. Posteriormente Whipple ensaya dos diseños: viga en celosía de canto variable, con barras superiores de fundición, y diagonales y cordón inferior de hierro forjado; el segundo diseño es una viga de canto constante, con pares superior e inferior paralelos, montantes verticales de fundición que trabajan a compresión y diagonales de hierro forjado que trabajan a compresión. En 1846 surge en Inglaterra la cercha tipo Warren, compuesta por triángulos equiláteros adyacentes, como resultado de una simplificación para reducir el número de nudos. En función de su orientación unas diagonales resultan comprimidas y otras traccionadas. Su uso fue generalizado desde 1860 hasta hoy en día.

---

<sup>260</sup> ARENAS DE PABLO, JUAN JOSÉ: “*Caminos en el aire. Los puentes*”. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 2002.

<sup>261</sup> La celosía tiene la particularidad de descomponer los esfuerzos internos en simples solicitaciones axiales, de compresión pura en unas barras y de tracción en otras, que son esfuerzos más limpios y fáciles de resistir que los de flexión. ARENAS DE PABLO, JUAN JOSÉ: “*Caminos en el aire. Los puentes*”. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 2002

Como ejemplo de puentes viga en celosía recta están los que construye Eiffel entre 1864 y 1871, con fundición y hierro forjado, para pequeñas líneas férreas mineras en el Macizo Central francés. Emplea la celosía tanto para el tablero como para las pilas, en su búsqueda por la máxima economía al mismo tiempo que disminuye la superficie ofrecida al viento. El mejor ejemplo lo presenta en el viaducto de Rouzat de ferrocarril, sobre el río Sioule, tramo recto formado por tres vanos de 60 metros de luz con un par de pilas de apoyo que alcanzan los 60 metros de altura. Éstas presentan un ancho variable, creciente hacia la base, para mejorar la resistencia frente al viento transversal. El método constructivo es del mismo modo innovador: el tablero ligero se montaba sobre el suelo y se lanzaba por empuje haciéndolo rodar sobre rodillos en las cabezas de cada una de las pilas, evitando las cimbras y aprovechando las características de la construcción metálica<sup>262</sup>.

La ligereza de las estructuras provocaba grandes deformaciones en los puentes al paso de las cargas, afectando también a su durabilidad<sup>263</sup>. Además estas vigas experimentan una gran deformación a cortante, lo que dificulta la ejecución de puentes continuos por los importantes momentos parásitos que introduce en las cabezas de las vigas en la zona de las pilas. Por ello es necesario aumentar la rigidez a cortante, lo que se consigue multiplicando el número de montantes y diagonales: aparece la denominada celosía múltiple. Existen varias disposiciones de este tipo, aparte de la más común de celosía recta, que dieron lugar a formas características en los puentes. Entre ellas destacan las vigas en celosía metálica con cordón superior curvo; las vigas lenticulares, como en el puente de Saltash sobre el río Tamar de 1854-1858 construido por J. K. Brunel; o las vigas continuas en celosía de canto variable, como el puente de Budapest sobre el Danubio.

El puente Royal Albert, en Saltash cerca de Plymouth, consta de dos vanos de 135 m de luz, formado por un tablero por el que circulan los trenes, suspendido de una

---

<sup>262</sup> ARENAS DE PABLO, JUAN JOSÉ: *“Caminos en el aire. Los puentes”*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 2002.

<sup>263</sup> Por la rigidez en los nudos de enlace se producía el fallo por fatiga, por la repetición sistemática de ciclos de carga y descarga. Inicialmente no se arriostraban horizontalmente los cordones superiores, lo que provocaba una rotura por pandeo brusca y catastrófica. ARENAS DE PABLO, JUAN JOSÉ: *“Caminos en el aire. Los puentes”*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 2002.

superestructura lenticular compuesta por un arco superior de sección tubular y un cordón traccionado inferior, en forma de cadenas de hierro de suspensión. Están unidos por barras verticales y delgados tirantes diagonales que forman triangulación<sup>264</sup>.

El más importante representante de este tipo de puentes es el Firth of Forth, construido en 1890 por J. Fowler y B. Baker, que empleando el acero como material estructural. Este puente ferroviario cuenta con dos vanos de 250 m de luz, los laterales, y otros dos centrales de 520 m de luz. Su estructura está formada por una viga Cantilever o Gerber en celosía, con sección tubular en el cordón de compresión (el inferior) y perfiles en la zona de tracción (en el cordón superior de la viga). Las ventajas que presentaba era la eliminación de apoyos en el río y la facilidad de cálculo por su esquema isostático. Se construyó mediante avance en voladizo.



Puente Frith of Forth.

---

<sup>264</sup> ARENAS DE PABLO, JUAN JOSÉ: *“Caminos en el aire. Los puentes”*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 2002: Sobre este puente se indica: *”En el fondo se trata de colgar el piso de las cargas de una gran viga superior con forma de pez, lo que supone una claridad total de ideas. Porque esa gran viga hueca descompone sus esfuerzos de flexión en un par de fuerzas, alojándose la compresión en el arco tubular y la tracción en las cadenas inferiores. Viga-pezu que, al ofrecer la ley de cantos variable, proporcional a la ley de momentos flectores a lo largo del vano, supone condiciones de antifunicularidad o isorresistencia, lo que equivale a aprovechar esos materiales al máximo...El puente de Saltash ofrece (porque se mantiene en servicio) aspectos extraordinarios, llamativos incluso hoy, pero mucho más en la época en la que fueron ejecutados. Así, la cimentación de la pila central, a 30 metros bajo el agua, realizada con campanas de aire comprimido. Y así la idea del arco tubular, cuya sección transversal es una elipse de chapa, hueca por tanto y rigidizada por dentro mediante nervios longitudinales y diafragmas transversales. El tamaño de esa elipse, 510 cm en horizontal por 315 cm en vertical, permite resolver la seguridad del arco exento frente al pandeo lateral-con dimensiones que hoy sabemos acertadas pero que, en la época de Brunel, suponían una estimación inevitablemente arriesgada-mientras su forma ovalada supone reducir la fuerza que el viento transversal ejerce sobre él. A la altura de 1864, la originalidad y audacia que la concepción de este puente supone son muy altas.”*

Los primeros puentes viga con sección cajón se construyeron a mediados del XIX empleando el hierro forjado como material estructural. Las vigas eran de sección rectangular o trapecial con contornos formados por paredes delgadas, y dentro de ellas circulaba el ferrocarril. Estas realizaciones se corresponden con el puente de Conway, finalizado en 1849<sup>265</sup>, y el puente de Britannia sobre el estrecho de Menai, de 1850, ambos ejecutados por Robert Stephenson. El segundo de ellos es el más destacado tanto por sus dimensiones como por su comportamiento estructural o por su innovador proceso de ejecución. Es una viga continua de hierro forjado con un canto de unos 9 m de cuatro vanos de  $70+2*142+71$  m de luz. Este tipo estructural era absolutamente innovadora, en contraposición a los puentes arcos y colgantes hasta ahora desarrollados, que funcionaban a compresión y tracción únicamente. En este caso, la disposición de una viga recta de gran rigidez implicaba un funcionamiento a flexión, hasta ahora no experimentado en ningún puente<sup>266</sup>. Fue un éxito por emplear el hierro forjado como material, capaz de soportar las elevadas tensiones internas tanto de compresión como de tracción<sup>267</sup>. Las vigas se construyeron en tierra, se trasladaron por flotación hasta la vertical de su posición definitiva, y se elevaron con gatos para situarlas a su cota<sup>268</sup>. Además se actuó sobre los apoyos forzando la viga hacia arriba o hacia abajo con prensas hidráulicas para variar las reacciones verticales que transmitían a la pieza de

---

<sup>265</sup> Su estructura es una viga cajón apoyada de 125 m de luz. FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO: *“Tierra sobre el agua. Visión histórica universal de los puentes”*. Colegio de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 1999

<sup>266</sup> La rigidez de una viga horizontal es la inversa de su flexibilidad. Midiéndose la última por la flecha o descenso elástico que su sección central toma al paso de las cargas. La rigidez termina siendo proporcional a la inercia de la sección transversal y ésta tiene mucho que ver con el canto o altura de la pieza. En el Britannia, al plantearse una viga hueca por cuyo interior circulara el tren, o sea de gran altura, la inercia terminó resultando suficiente para que el tablero funcionara como viga sin el auxilio de los cables de suspensión.

<sup>267</sup> Su concepción inicial fue la de un puente colgante de elevada rigidez en el tablero para evitar movimientos importantes al paso de los trenes. Pero dado que el tramo recto alcanzó la suficiente rigidez, se pudo prescindir de las cadenas de suspensión. También hubo que proceder a la rigidización de las cabezas y almas para evitar el fallo de la cabeza comprimida por pandeo local así como la abolladura de las almas. ARENAS DE PABLO, JUAN JOSÉ: *“Caminos en el aire. Los puentes”*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 2002.

<sup>268</sup> FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO: *“Tierra sobre el agua. Visión histórica universal de los puentes”*. Colegio de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 1999

acero, con lo que se mejoraba la ley de momentos flectores producida por el propio peso de la estructura<sup>269</sup>. Sin embargo este tipo pronto cayó en desuso por ser demasiado cara. Fue sustituida por las celosía múltiples, de más fácil ejecución y menor coste.

## **2. Puente de tipo arco**

Este tipo fue el primero en desarrollarse con materiales metálicos por imitación de la forma resistente que resultaba más adecuada a la piedra. El primer puente metálico construido fue el Coalbrookdale o Iron Bridge, sobre el río Severn, proyectado por los maestros forjadores Darby y Wilkinson. Era de fundición. Constaba de un arco de medio punto de 30,6 m de luz, compuesto por arcos delgados dispuestos en una serie de planos paralelos. Aunque la forma de medio punto no era la adecuada para este material sí se conseguía una alta resistencia a compresión. La ligereza que se conseguía junto con la facilidad de construcción y producción fueron las causas principales en la proliferación de este tipo de puentes<sup>270</sup>.

---

<sup>269</sup> Como se explica en ARENAS DE PABLO, JUAN JOSÉ: *“Caminos en el aire. Los puentes”*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 2002: *“Al haberse compuesto el dintel hueco mediante tramos independientes que se unían en obra sobre las torres de apoyo, la flexión positiva de las luces grandes podía verse muy reducida a costa de engendrar la flexión negativa en los apoyos intermedios, lo que podía lograrse actuando con prensas hidráulicas”*.

<sup>270</sup> A partir de la construcción del Coalbrookdale la ejecución de puentes de fundición se consolidó: *“la idea de reemplazar bóvedas de piedra, compuestas por dovelas en forma de cuña, por piezas análogas de fundición tomó cuerpo enseguida”*. En 1796 se inauguró el puente de Sunderland, formado por arcos compuestos por dovelas prefabricadas en fundición, con una luz de 72 m, hasta entonces insalvable para los puentes de piedra, salvada mediante una bóveda rebajada. A inicios del siglo XIX se construyó la Pasarela de las Artes de París, formada por nueve arcos rebajados de fundición. También en París y de la manos del ingeniero Polonceau se construyó el puente del Carrousel formado por tres bóvedas elípticas compuestas de arcos de fundición. ARENAS DE PABLO, JUAN JOSÉ: *“Caminos en el aire. Los puentes”*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 2002.



Puente de Coalbrookdale.

Posteriormente, la mayoría de los arcos de fundición se hicieron por dovelas, unidas a tope mediante pasadores, solución que se empleó hasta finales de siglo como en el puente Alejandro III sobre el Sena en París<sup>271</sup>. La evolución lógica de este tipo para la distribución de las cargas, provocó la sustitución de los aros circulares de transmisión de cargas desde al tablero al arco por tímpanos en celosía triangulados que dotan de rigidez al conjunto y reparten mejor las cargas. Finalmente se llegó a la disposición de elementos verticales para la transmisión de cargas entre el tablero y el arco, disposición que llegó hasta nuestros días.

Los iniciales arcos de fundición fueron modificados por arcos en celosía. El ejemplo más representativo de esta evolución es el Puente de Craigellachie, que el ingeniero Thomas Telford construyó en 1815 empleando la fundición.

El tipo arco de celosía con montantes verticales se extendió a partir de la segunda mitad del siglo XIX. El incremento de luces a salvar junto con las facilidades que introducía para el montaje, fueron las causas para la ejecución de emblemáticos viaductos del XIX ejecutados con hierro laminado como el puente de María Pía para ferrocarril en Oporto construido en 1877 con 160 m de luz; el puente de Luis I ejecutado en la misma ciudad en 1855, ambos diseños de Theophile Seyrig; o el viaducto de Garbit, construido entre 1879 y 1889 de 165 m de luz y 120 m de altura sobre el río Truyère, diseñado por Koechlin y Nougier. Su construcción se realizaba por avance en voladizo atirantando

---

<sup>271</sup> Este puente se finalizó en 1900. Es un arco de 107 m de luz. FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO: *“Tierra sobre el agua. Visión histórica universal de los puentes”*. Colegio de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 1999.

el arco desde los vanos de acceso, eliminando cualquier necesidad de cimbra, y el tablero se instalaba más tarde sobre el arco corriendo sobre apoyo de rodillos. Se disponía un arco en celosía que recogería las flexiones producidas por la carga no simétrica del ferrocarril y que se articulaba en la base para eliminar los esfuerzos que en ese punto se producen durante la construcción. El ancho transversal del arco aumentaba desde la clave a arranques para reducir los esfuerzos de viento sobre la articulación del arco, produciendo la forma de arco en luna creciente.

Posteriormente, el tipo arco en celosía pasaría a emplear el acero como material estructural. Este es el caso del puente de San Luis sobre el río Mississippi construido entre 1869 y 1874 por J. B. Eads, formado por tres arcos de 153,1m+158,6m+153,1m. Este puente fue innovador por emplear el acero para su estructura principal; por emplear campanas de aire comprimido para ejecutar las cimentaciones más profundas realizadas hasta entonces (29 m) y por el novedoso sistema de ejecución por medio de voladizos sucesivos compensados desde las pilas, atirantando provisionalmente los semiarcos hasta cerrar en clave. Se construye sin apoyos intermedios.

El más conocido de los puentes de este tipo en acero es el Viaducto de Viaur, situado en la línea férrea entre Rodez y Albi, construido en 1902 por el ingeniero Paul Bodin. Es un puente formado por dos arcos triarticulados que componen una celosía espacial que arranca de apoyos tipo rótula y se encuentran en la sección de la clave central, donde también se sitúa una rótula. El ancho transversal es creciente desde la clave hasta los arranques para hacer frente a las fuerzas del viento. La conexión entre tablero y arco se realiza a través de montantes verticales y diagonales oblicuas formando triangulación en planos transversalmente inclinados. La luz del tramo principal es de 220 m. Se construyó en avance en voladizo.

No resulta extraño que sea en Gran Bretaña donde se producen los grandes avances prácticos en la construcción de puentes. La experimentación y pragmatismo presentes en este país empujaron y promocionaron a los constructores a diseñar nuevas formas sin basarse en conocimientos teóricos de los que era firme defensor la escuela francesa.

### **3. Puente de tipo colgante**

El puente colgante resulta de suspender un tablero de dos cables o cuerdas, que lo deben soportar y que induce en los mismos un esfuerzo de tracción. Los elementos básicos de estos puentes son las cadenas de suspensión, las torres, los anclajes traseros y las vigas de rigidez. El principal inconveniente que presentan es la movilidad de los tableros suspendidos, a causa de la total flexibilidad de las cadenas o cables de cuelgue que tienden a adoptar geometrías continuamente variables cuando una carga móvil atraviesa el puente, o en el caso de fuertes tormentas. En muchos casos los constructores daban a las barandillas metálicas laterales, en forma de celosía de vigas, el papel de vigas de rigidez que controlasen los movimientos del puente, pero que resultaba ineficaz para soportar flexiones sin pandear fuera de su plano.

En este tipo también se produjo una evolución fundamentalmente en lo que respecta a los materiales empleados para la suspensión. Inicialmente se trabajó con la fundición para pasar a realizar la suspensión a través de hierro forjado, que presentaba los inconvenientes de la limitada resistencia a tracción y la dificultad del enlace mediante pasadores. Por ello, en Francia, de la mano de los hermanos Seguin, se recurrió al uso de mazos de alambres paralelos obtenidos por trefilado como cables de suspensión, que ofrecen una mayor resistencia que la del hierro del que provienen y por su fabricación en grandes longitudes consiguen evitar los empalmes.

En aras de acotar las deformaciones del dintel bajo cargas alternadas y para controlar los movimientos de las cabezas de las pilas se comenzó a atirantar los puentes entre las cabezas de las pilas o entre éstos y la unión de la pila con el dintel.

En Europa hubo una generalización en la construcción de puentes colgantes que se mantuvo hasta mediados del siglo XIX, cuando se produce una brusca interrupción por el fallo catastrófico producido en varios puentes<sup>272</sup>. Sin embargo, no ocurrió de igual

---

<sup>272</sup> En 1850 el puente colgante de Angers se derrumbó al paso de un batallón de infantería, causando la muerte de doscientos veintitrés soldados. Veinticuatro días después se produjo la caída del puente colgante La Roche-Bernard, construido entre 1835 y 1839, por la acción del viento. . MANTEROLA ARMISÉN, JAVIER: *“Puentes. Apuntes para su diseño, cálculo y construcción”*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 2006.

modo en los Estados Unidos. De manos de los Roebling, se construirán los grandes puentes colgantes que se convertirán en símbolo de las ciudades donde se ubican.

El primer puente colgante de la época moderna fue el Jacob's Creek, de 21 metros de luz, realizado en 1800 por James Finley en los Estados Unidos<sup>273</sup>. Pero el puente más representativo de este tipo que marcó el inicio de la generalización de la construcción de puentes colgantes es el Puente colgante del Estrecho de Menai, proyectado y construido por Thomas Telford en 1828. Cuenta con una luz principal de 177 m, estando el tablero situado a 30 m sobre el agua. El sistema de suspensión se producía en cuatro planos que contenía cuatro cadenas cada uno superpuestas, de hierro forjado, lo que supone un avance frente al empleo de la fundición. A ambos lados del vano central el puente se completa con arcadas de sillería de medio punto, que se hace solidaria de los cuerpos de las pilas principales, que se prolongan sobre el tablero para dar apoyo a las cadenas de suspensión (de las que van a recibir importantes fuerzas, con componente, desde luego, vertical, pero también horizontal). El puente de Clifton proyectado por I. K. Brunel de 183 m de luz se finalizó en 1864.



Puente de Clifton.

El desarrollo en los Estados Unidos se produce de la mano de John Roebling y su hijo, que introducirán esquemas novedosos en estos puentes. El primero de ellos fue el puente del Niágara, terminado en 1855, de 250 m de luz. Era un puente colgante provisto además de tirantes rectos para sujetar el dintel a cuartos de la luz, lo que introduce una rigidez importante para hacer frente a las acciones no simétricas y al

---

<sup>273</sup> SAAVEDRA MORAGAS, EDUARDO: *“Los puentes de hierro”*. Revista de Obras Públicas, Madrid, 1861 y MANTEROLA ARMISÉN, JAVIER: *“Puentes. Apuntes para su diseño, cálculo y construcción”*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 2006.

viento. Tenía doble tablero, el superior para ferrocarril y el inferior para carretera. Su realización más importante es el puente de Brooklyn en Nueva York de 486 m de luz, construido entre 1867 y 1883. El material empleado fue el acero, tanto para los cables principales como para la estructura del tablero. En este puente conviven el cuelgue y el atirantamiento y a través de vigas de gran canto, se conseguía la rigidez necesaria. En la cimentación se utilizaron cajones de aire comprimido, que ocasionó desgracias personales por el desconocimiento de los problemas que producía la descompresión rápida. A partir de este momento se produce el lanzamiento de la construcción de puentes colgantes sobre los grandes ríos americanos, que se contagiará al resto del mundo durante el siglo XX<sup>274</sup>.

#### **4.Puentes de tipo atirantado**

El sistema consiste en crear una serie de apoyos intermedios en una viga, para evitar su deformación y hundimiento.

A comienzos del siglo XIX el puente atirantado no era empleado por los fallos que se habían producido en ellos. Por eso cuando aparecen puentes atirantados casi siempre es en combinación con los cables colgados, como en los puentes proyectados por los Roebling. Éstos además, intuyeron la necesidad de tensar los tirantes para que entrasen en carga desde el principio, en lugar de esperar que la deformación del dintel los activase. Esta parece ser la causa de muchos de los fallos que se produjeron en estos puentes<sup>275</sup>.

La evolución de los puentes atirantados fue notable durante la segunda mitad del siglo XIX. Esto dio lugar a puentes atirantados de barras rectas que colgaban de un cable curvo para evitar las flexiones de su propio peso, como en el Albert Bridge de

---

<sup>274</sup>MANTEROLA ARMISÉN, JAVIER: “*Puentes. Apuntes para su diseño, cálculo y construcción*”. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 2006.

<sup>275</sup> El no tensar inicialmente los cables, previo a la activación natural del puente, fue la causa de rotura de muchos de los puentes que se habían construido hasta entonces. Un mecanismo tan hiperestático, que no se pone en carga simultáneamente, puede producir concentraciones importantes de tensiones en determinados tirante. MANTEROLA ARMISÉN, JAVIER: “*Puentes. Apuntes para su diseño, cálculo y construcción*”. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 2006.

Londres<sup>276</sup>. Otra variante surge al mezclar el cable de suspensión con los tirantes en puentes y transbordadores, característicos de la ejecución de la mano de Ferdinand Arnodin<sup>277</sup>. Gisclard a finales de siglo presenta una nueva versión: los tirantes no sujetan directamente el tablero sino que lo hacen por intermedio de un cable curvo, que queda traccionado y del que cuelga el tablero<sup>278</sup>.

### **5. Breve recorrido por los puentes del siglo XIX en España**

España se incorporó de manera tardía a la revolución industrial. En el campo científico sólo unos pocos seguían con asiduidad los progresos que se producían en el resto de mundo.

Durante el siglo XIX podemos diferenciar en España dos épocas en lo que se refiere a la construcción de puentes. En cada una de ellas se producen singularidades tanto en los materiales empleados para la construcción, como en las técnicas de ejecución y en el tipo y en las características de los puentes.

La primera etapa abarca la primera mitad del siglo XIX. La construcción de puentes en España no es significativa si la comparamos con el resto de los países europeos industrializados. Como se ha comentado, en ellos se estaba gestando una auténtica revolución en el modo de concebir las estructuras resistentes, tanto en su concepción práctica a través de atrevidas realizaciones, como a través del avance teórico, de la mano principalmente de los nuevos materiales metálicos. En España las necesidades no exigían cambios bruscos. En primer lugar y durante esta etapa, la construcción de

---

<sup>276</sup> Es un puente de 122 metros de luz. Su diseño es similar al puente de Francisco José sobre el río Moldava de Praga, ejecutado en 1868 por Ordish. MANTEROLA ARMISÉN, JAVIER: “*Puentes. Apuntes para su diseño, cálculo y construcción*”. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 2006.

<sup>277</sup> En los puentes de Arnodin el dintel se dividía en tres partes. Los tercios laterales eran soportados por seis tirantes que salían en abanico desde la parte superior de la pila y el tercio central se colgaba del cable curvo. Ejemplos de este tipo son el puente sobre el Saône en Lyon de 121 m de luz (1888) o el puente de Bonhomme sobre el Blavet, contruido en 1904. MANTEROLA ARMISÉN, JAVIER: “*Puentes. Apuntes para su diseño, cálculo y construcción*”. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 2006.

<sup>278</sup> MANTEROLA ARMISÉN, JAVIER: “*Puentes. Apuntes para su diseño, cálculo y construcción*”. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 2006.

puentes se ceñía a los que estrictamente surgían en la construcción de las carreteras. La implantación generalizada del ferrocarril no se produce hasta la segunda mitad del siglo, por lo que las grandes realizaciones aparejadas al mismo serán coetáneas. Los condicionantes para la construcción eran similares a los de los siglos anteriores, no se necesitaban salvar luces mayores o ampliar las dimensiones de los puentes, por lo que tanto las técnicas constructivas como los tipos y materiales que se empleaban no diferían de los anteriores, con algún que otro avance más bien poco significativo.

En segundo lugar, la estructura económica del país no actuaba como motor de cambio, y los avances asociados a las nuevas tecnologías no llegaban a implantarse. La revolución industrial que modificó la realidad política, social y económica en otros países, en España no era generalizada y sólo se verificó en zonas aisladas como Asturias, el País Vasco, Cataluña y en algunas zonas de Andalucía. Al no existir tejido industrial no se necesitaban infraestructuras de transporte de gran capacidad y de comunicación, lo que se traducía en la escasa construcción de puentes. Por otro lado supuso la implantación tardía del uso de los materiales metálicos en la construcción de puentes, que tan ligados estaban al proceso industrializador.

En tercer lugar, la situación política cambiante impedía la adopción de las nuevas corrientes de pensamiento o de los principales avances científicos de la época. La implantación de escuelas o academias, fuente de concepción y difusión del conocimiento, fue complicada. Su actividad era discontinua en el tiempo, con cierres y aperturas que guardaban estrecha relación con el tipo de gobierno reinante. Así se refleja por ejemplo, en la Escuela de Caminos. La formación de técnicos especializados en la construcción de puentes se vio afectada, pues no resultaba sencillo adquirir los conocimientos básicos y por añadidura los avances realizados en el resto del mundo industrializado.

Por todo lo anterior, los puentes de esta primera época suponen una continuación de los desarrollados hasta entonces, empleando como materiales de construcción la madera y la piedra. Es también la etapa del gran desarrollo de los puentes colgantes en España de la mano de Pedro Miranda. La primera normativa sobre la construcción de puentes de este tipo se produce con la aprobación de la Real Orden de 25 de diciembre de 1843

durante el reinado de Isabel II, para puentes colgantes, donde se establecía la sobrecarga que debían soportar<sup>279</sup>.

La segunda época se corresponde con el periodo que abarca 1850-1900. La implantación generalizada del ferrocarril introduce nuevas necesidades en la ejecución de los puentes. Por un lado, las restrictivas condiciones de trazado en planta y alzado que introducía el ferrocarril, con radios superiores a los de la carretera y pendientes estrictas menores al 2%, obligaban a salvar valles y ríos con luces importantes, sobre todo en un país de “*mesetas escalonadas, sierras arriscadas, ríos tumultuosos y ramblas imprevisibles*”<sup>280</sup> y esto se traducía en puentes de mayor envergadura y dimensiones. Por otro lado, el aumento de las sobrecargas que introducía el ferrocarril obligaba a la construcción de puentes más rígidos y estables que los colgantes; más duraderos que los de madera; y menos costosos que los de piedra. Por ello se produce el desarrollo e implantación de los nuevos materiales metálicos, que siempre irán asociados al desarrollo del ferrocarril. El avance y difusión de los conocimientos científicos a través de publicaciones tan importantes como la Revista de Obras Públicas así como el afianzamiento de la Escuela de Caminos como lugar de formación de técnicos especializados en la materia, fueron elementos clave para la adopción de técnicas novedosas en la construcción de puentes en el país.

En España durante el XIX se construían puentes de madera, piedra y metálicos. Si bien este último material comenzó titubeante, su implantación fue progresiva y a finales de siglo ya había desbancado a la piedra como material de construcción de puentes. El principal tipo desarrollado es la de puentes viga metálicos frente al arco. Las construcciones con piedra o madera continúan, aunque en número y significancia menor, hasta prácticamente desaparecer a finales del siglo<sup>281</sup>. Lo mismo ocurre con los

---

<sup>279</sup> GONZÁLEZ TASCÓN, IGNACIO: “Ingeniería civil en España. Precedentes, historia y técnicas”. Edición de Isabel Velázquez 2008.

<sup>280</sup> GONZÁLEZ TASCÓN, IGNACIO: “*Ingeniería civil en España. Precedentes, historia y técnicas*”. Edición de Isabel Velázquez 2008.

<sup>281</sup> La competencia entre materiales hacía que la piedra estuviera en clara desventaja, tanto por su coste, dificultad de ejecución o por su limitación a la hora de salvar las grandes luces. Sin embargo existían ingenieros que en aras de una mejora estética, defendían el uso de la piedra “*que son las obras por*

puentes colgantes, que tras el desarrollo producido en los años centrales del siglo, se abandonarán, salvo contadas excepciones. A finales de siglo comenzará la construcción de puentes con hormigón armado, pero su desarrollo no se producirá hasta el siglo XX, por lo que no se considera en este epígrafe la construcción de puentes con este material.

Durante el siglo XIX se construyeron numerosos, que contaban con buenas propiedades resistentes pero escasa durabilidad por el deterioro de este material y el riesgo de incendios. La mayoría de ellos eran pequeños, de escasa significación y tenían, en general, carácter provisional. Se empleaban vigas tipo Town y Howe mixtas de madera y hierro, con largueros y cruces de San Andrés de madera y montantes verticales formados por barras de hierro. Se apoyaban en pilas de piedra o palizadas de madera que salvaban grandes luces a través de vanos que se situaban en torno a los 20 metros. La escasa durabilidad que presentaron, bien frente a los incendios o al paso de las cargas, provocaron que su sustitución fuera rápida por puentes más duraderos. Se construyeron tanto para carreteras como para ferrocarriles principalmente durante la primera mitad del XIX.

Los puentes de madera que se construyeron en carreteras tenían en general el carácter de provisionalidad. Como ejemplos significativos de los mismos están los siguientes:

1. Puente de Encinas sobre el río Tormes, construido en 1846. Tenía pilas y estribos de sillería sobre los que apoyaban seis arcos escarzanos de madera de 25 m de luz cada uno. Fue destruido por una avenida en 1845<sup>282</sup>.
2. Puente sobre el río Oñar en Gerona formado por vigas Town formado por dos de 22 m y 17,50 m de luz<sup>283</sup>.
3. Puente sobre el río Nalón en la carretera de Ribadesella a Pravia por Avilés en 1873<sup>284</sup>.

---

*excelencia*". Eduardo Saavedra: "*Experimento sobre los arcos de máxima estabilidad*". Revista de Obras Públicas, Madrid, 1866.

<sup>282</sup> GONZÁLEZ TASCÓN, IGNACIO: "*Ingeniería civil en España. Precedentes, historia y técnicas*". Edición de Isabel Velázquez 2008.

<sup>283</sup> FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO Y SÁENZ SANZ, AMAYA: "*Los puentes españoles del siglo XIX. Materiales, estructuras y patrimonio*". Técnica e Ingeniería en España: El ochocientos: de los lenguajes al patrimonio. Real Academia de Ingeniería. Institución Fernando del Católico. Zaragoza. 2011.

Las primera líneas ferroviarias se inauguraron con puentes de madera, Barcelona-Mataró y Madrid-Aranjuez<sup>285</sup>. Entre los puentes más importantes de madera realizados para el ferrocarril están el puente sobre el río Turia, en la línea de Valencia al Grao, finalizado en 1852 y formado por seis vanos de 20 metros y con vigas tipo Town; el puente sobre el río Pas en Renedo que contaba con 16 vanos de 10 metros apoyados en palizadas de madera y finalizado en 1862; puente provisional de madera en la línea ferroviaria de Córdoba a Sevilla sobre el Guadalquivir que salvaba 267 metros con 11 vanos formados por vigas tipo Town, finalizado en 1858.

Los puentes de piedra se emplearon a lo largo de todo el siglo XIX, bien como único material o combinado con otros materiales, como el ladrillo en el intradós o en los tímpanos. Incluso en puentes considerados metálicos, como los del ferrocarril, también se situaban arcos de acceso de pequeña luz de piedra o pilas de este mismo material. La construcción de puentes de piedra en el siglo XIX fue numerosa, y no supuso ningún avance salvo la generalización de arcos escarzanos principalmente, modelo que había impuesto Perronet en el siglo anterior. También se emplearon arcos elípticos y carpaneles, aunque en menor proporción. Empleaban geometrías simples y depuradas con altas calidades de ejecución. En general eran obras austeras pero que presentaban un especial cuidado por los detalles de ornato y remates. Las luces que salvaban se situaban en torno a los 20 metros, lo que suponía la necesidad de construir pilas intermedias con su correspondiente cimentación. Éstas no llegaban a alcanzar la esbeltez que estableció Perronet, pero su anchura era mucho menor que en épocas anteriores. El hecho de disponer pilas más estrechas exigía tener en cuenta que con dicha esbeltez no se soportaba el empuje desequilibrado del peso propio del arco de un solo lado, por lo que se debían construir todos los arcos al mismo tiempo. Además, y en caso de fallo de un arco, supondría la ruina del todo el puente, por lo que se recomendaba, en puentes largos, hacer una apila más gruesa cada varios arcos. Su construcción resultaba cara,

---

<sup>284</sup> FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO Y SÁENZ SANZ, AMAYA: *“Los puentes españoles del siglo XIX. Materiales, estructuras y patrimonio”*. Técnica e Ingeniería en España: El ochocientos: de los lenguajes al patrimonio. Real Academia de Ingeniería. Institución Fernando del Católico. Zaragoza. 2011.

<sup>285</sup> FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO Y SÁENZ SANZ, AMAYA: *“Los puentes españoles del siglo XIX. Materiales, estructuras y patrimonio”*. Técnica e Ingeniería en España: El ochocientos: de los lenguajes al patrimonio. Real Academia de Ingeniería. Institución Fernando del Católico. Zaragoza. 2011.

tanto por el material como por el proceso de construcción, que exigía costosas cimbras y potentes cimentaciones. Éstas resultaban caras cuando no era posible realizarlas sobre la roca. Aparte de la dificultad del pilotaje con madera, el principal problema surgía por la construcción de ataguías o recintos tablestacados que resultaran totalmente estancos.

En las carreteras españolas del siglo XIX se dispusieron gran número de puentes de piedra. Algunos eran de piedra en su totalidad, como el puente de Isabel II sobre el Oñar en Gerona. Uno de los más conocidos es el puente de piedra sobre el río Cabriel, en la carretera de Madrid a Valencia por las Cabrillas, construido por Lucio del Valle y finalizado en 1849. La luz del arco principal de de 16,7 metros, pequeña en comparación con puentes de piedra de épocas anteriores, con pilas de altura de 28 metros y excesivamente gruesas<sup>286</sup>.

El puente de piedra en Logroño sobre el río Ebro se finalizó en 1882 y estaba constituido por siete arcos elípticos de 31,5 y 21,5 metros de luz. Las pilas intermedias son pilas-estribo, o sea, pilas que son capaces de soportar el empuje de un arco a falta del otro. Su construcción la inició el ingeniero Ricardo Bellsolá y lo finalizó F. Manso Zúñiga<sup>287</sup> y era la sustitución de un puente medieval.

---

<sup>286</sup> En época romana y medieval ya se habían construido puentes de luz mayor. Como reflejan en su artículo FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO Y SÁENZ SANZ, AMAYA: *“Los puentes españoles del siglo XIX. Materiales, estructuras y patrimonio”*: *“las pilas adyacentes al arco principal son excesivamente gruesas, que no se justifican ni por su altura, ni por la luz del arco principal, ni por dificultades de cimentación porque se apoyan en roca. La relación ancho de pila/luz del arco es 1/2,5, relación superada ya por muchos puentes romanos, incluso por el de Alcántara, más alto y con mayores luces que éste; y estas grandes pilas, situadas dentro del cauce, no tienen tajamares como tenían la mayoría de los puentes anteriores situados en el cauce del río. Tampoco es afortunada una diferencia de luz tan grande entre el arco principal y los laterales porque el perfil del cauce no lo justifica. En nuestra opinión se encuentra muy lejos de la composición y encaje de un puente alto como el de Alcántara, construido casi dos mil años antes”*.

<sup>287</sup> FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO Y SÁENZ SANZ, AMAYA: *“Los puentes españoles del siglo XIX. Materiales, estructuras y patrimonio”*. Técnica e Ingeniería en España: El ochocientos: de los lenguajes al patrimonio. Real Academia de Ingeniería. Institución Fernando del Católico. Zaragoza. 2011.



Puente de piedra en Logroño sobre el río Ebro.

Ejemplo de la construcción de puentes de piedra con arco carpanel es el Puente de Solía en la carretera de Santander a Bilbao, construido en 1859. Presenta una cuidada sillería con tres arcos carpaneles de 5 centros cada uno, de 21 metros de luz y 6 metros de flecha. Posee dos pilas de 3 metros de ancho<sup>288</sup>.

El puente de sillería sobre el río Pisuerga en Jergal de Fernamental, Burgos, situado en la carretera de Aguilar de Campó a Burgos, es el ejemplo de puente de piedra formado por bóvedas rebajadas. Es un puente de alta calidad estética, sencillo y que presenta un gran cuidado en sus detalles<sup>289</sup>.

Entre los puentes de piedra construidos en las líneas ferroviarias destacan los puentes de altura considerable, en cuyo caso la directriz de los arcos era la de medio puente. Entre ellos destacan el puente sobre la Ría de Esva en la línea de Oviedo a Ribadeo y el viaducto de Buxadell en la línea de Tarragona a Reus<sup>290</sup>.

---

<sup>288</sup> ARENAS DE PABLO, JUAN JOSÉ: “*Caminos en el aire. Los puentes*”. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 2002.

<sup>289</sup> ARENAS DE PABLO, JUAN JOSÉ: “*Caminos en el aire. Los puentes*”. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 2002.

<sup>290</sup> FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO Y SÁENZ SANZ, AMAYA: “*Los puentes españoles del siglo XIX. Materiales, estructuras y patrimonio*”. Técnica e Ingeniería en España: El ochocientos: de los lenguajes al patrimonio. Real Academia de Ingeniería. Institución Fernando del Católico. Zaragoza. 2011.

Uno de los más significativos es el puente de los Franceses sobre el Manzanares en Madrid, construido en 1860. Está formado por bóvedas de medio punto oblicuas de ladrillo de 16 metros de luz, rematadas en los paramentos con arcos de piedra<sup>291</sup>.

El puente sobre el río Duero situado en la línea del Norte construido en 1858 también era de piedra aunque su vida fue efímera y hubo de ser sustituido por una viga metálica de 60 metros de luz<sup>292</sup>.

El puente sobre el río Pisuerga en la línea de Palencia a Santander es de sillería. Cuenta con cinco bóvedas elípticas. Fue concebida y ejecutada con un gran cuidado<sup>293</sup>.

De los puentes colgantes o colgados, como se nombraban en España, construidos en el siglo XIX, no queda más que el recuerdo. Este tipo de puentes se asimiló con gran rapidez en España, siendo uno de los países pioneros en la construcción de los mismos<sup>294</sup>. Aunque se produce la construcción de este tipo de puentes desde los inicios del siglo, su gran desarrollo se produce a partir de la década de 1830, impulsado por los ingenieros Pedro Miranda y J. A. Larramendi. El primero inició la construcción de puentes colgantes en los años 30 y desde su cargo de Director General de Caminos, Canales y Puertos en el periodo 1841-1844 se dedicó a potenciar esta solución.

---

<sup>291</sup> GONZÁLEZ TASCÓN, IGNACIO: *“Ingeniería civil en España. Precedentes, historia y técnicas”*. Edición de Isabel Velázquez 2008y FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO Y SÁENZ SANZ, AMAYA: *“Los puentes españoles del siglo XIX. Materiales, estructuras y patrimonio”*. Técnica e Ingeniería en España: El ochocientos: de los lenguajes al patrimonio. Real Academia de Ingeniería. Institución Fernando del Católico. Zaragoza. 2011.

<sup>292</sup> GONZÁLEZ TASCÓN, IGNACIO: *“Ingeniería civil en España. Precedentes, historia y técnicas”*. Edición de Isabel Velázquez 2008y FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO Y SÁENZ SANZ, AMAYA: *“Los puentes españoles del siglo XIX. Materiales, estructuras y patrimonio”*. Técnica e Ingeniería en España: El ochocientos: de los lenguajes al patrimonio. Real Academia de Ingeniería. Institución Fernando del Católico. Zaragoza. 2011.

<sup>293</sup> ARENAS DE PABLO, JUAN JOSÉ: *“Caminos en el aire. Los puentes”*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 2002.

<sup>294</sup> Tal y como reflejan FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO Y SÁENZ SANZ, AMAYA: *“Los puentes españoles del siglo XIX. Materiales, estructuras y patrimonio”* Técnica e Ingeniería en España: El ochocientos: de los lenguajes al patrimonio. Real Academia de Ingeniería. Institución Fernando del Católico. Zaragoza. 2011, , esta afirmación está condicionada a la certeza de las fechas de terminación del puente de Burceña sobre el río Cadagua y del de San Francisco sobre el río Nervión.

Larramendi contactó con la empresa de los hermanos Seguin, especialistas en Francia, para la construcción de varios puentes colgantes en España. Inicialmente estos puentes tenían el tablero y las vigas de borde de madera que se suspendían de las péndolas verticales, las que a su vez pendían de las maromas o cables principales<sup>295</sup>. Presentaban una gran ligereza, por lo que la relación peso/propio sobrecarga es muy pequeña, haciéndolos muy sensibles al aumento de la sobrecarga. No se consideraba necesario adoptar una determinada rigidez en el tablero, tal y como se deduce del libro de Eduardo Saavedra “*Teoría de los puentes colgados*”, publicado en 1864. En España, tras los fallos producidos en este tipo, se produce el abandono en su construcción, mientras que en Estados Unidos principalmente, se opta por la disposición de vigas metálicas para formar el tablero, lo que dio lugar a los grandes puentes colgantes de los Roebling. Su principal ventaja residía en la economía, al permitir salvar grandes luces evitando la cimentación en los cauces, que resultaban en ocasiones demasiado costosas, difíciles de ejecutar y muy vulnerables a las riadas. Estos puentes podían emplear cables de cadenas, los iniciales, o cables formados por alambres metálicos paralelos. En España predominaron los del segundo tipo. La evolución se produjo con la mejora introducida por los cables de torsión por parte de F. Arnodin<sup>296</sup>. Los cables se apoyaban sobre las torres mediante rodillos para evitar introducir fuerzas horizontales en la cabeza de las torres al paso de las sobrecargas. Los anclajes se hacían mediante pozos verticales por los que entraban los cables hasta unas galerías inferiores donde se fijaban en pasadores de hierro forjado anclados en la fábrica del estribo. En puentes que debían salvar varios vanos, el mejor funcionamiento se obtiene disponiendo una luz grande central y dos laterales de luz menor de la mitad de la central. Cuando esto no ocurría, se hacía necesario disponer unas pequeñas torres sobre los estribos de menor altura uniendo todas las torres mediante un cable principal que dota de rigidez al conjunto. Además, durante la construcción se conseguía un notable ahorro al no exigir de la disposición de

---

<sup>295</sup> El concepto actual de viga de rigidez, que impide que la estructura se deforme excesivamente por el paso de las cargas de tráfico, estaba ausente. En muchos casos se situaban antepechos o barandillas de madera, compuestas con cruces de San Andrés, que enlazadas con el tablero, dotaban al conjunto de una mínima rigidez. ARENAS DE PABLO, JUAN JOSÉ: “*Caminos en el aire. Los puentes*”. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 2002

<sup>296</sup> FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO Y SÁENZ SANZ, AMAYA: “*Los puentes españoles del siglo XIX. Materiales, estructuras y patrimonio*”. Técnica e Ingeniería en España: El ochocientos: de los lenguajes al patrimonio. Real Academia de Ingeniería. Institución Fernando del Católico. Zaragoza. 2011.

cimbras que unido a la facilidad de montaje<sup>297</sup>, lo convertía en un tipo muy rentable. En estos puentes resultaba imprescindible la realización de un correcto mantenimiento y conservación, lo que en muchos casos no era llevado a la práctica por ser costoso, y que provocaba el deterioro y posterior ruina del puente. Otras causas de su escasa durabilidad fueron los fallos en cables o péndolas, el descalce de pilas, la destrucción por el aumento de la sobrecarga, la destrucción por fuego o en periodos bélicos. En la segunda mitad del siglo se produce el abandono en la construcción de este tipo de puentes, al igual que ocurrió en el resto de Europa.

Los puentes colgantes no se construyeron para las líneas ferroviarias por su escasa rigidez y consecuentemente, falta de estabilidad al paso de las grandes cargas de los trenes. En el siglo XIX hubo muchos puentes colgantes en las carreteras españolas, aunque sólo los conocemos por dibujos o fotografías porque actualmente no queda ninguno de los importantes<sup>298</sup>.

El primer puente colgante del que se tiene constancia de su construcción en España es el puente de Burceña sobre el río Cadagua, de 65 metros de luz, finalizado en 1822, obra del arquitecto Antonio de Goicoechea<sup>299</sup>. En 1881 fue sustituido por un puente viga metálico. En 1828 construyó Goicoechea el puente colgante de San Francisco sobre el río Nervión en Bilbao, de 59 metros de luz, con cables de cadenas. En 1852, tras su derrumbe, fue sustituido por un puente colgante asimétrico de una sola torre con 50 metros de luz y 3,5 metros de anchura, suspendido de cables compuestos por alambres

---

<sup>297</sup> Como relata ARENAS DE PABLO, JUAN JOSÉ: *“Caminos en el aire. Los puentes”*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 2002: *“...basta lanzar un cabo de alambre desde una orilla hasta la otra para haber encontrado el medio de ir colocando los sucesivos cordones que van a componer un cable. Y, hecho el cable y montadas las péndolas verticales, es ya relativamente fácil apoyarse sobre él para ir situando la madera del tablero”*.

<sup>298</sup> FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO Y SÁENZ SANZ, AMAYA: *“Los puentes españoles del siglo XIX. Materiales, estructuras y patrimonio”*. Técnica e Ingeniería en España: El ochocientos: de los lenguajes al patrimonio. Real Academia de Ingeniería. Institución Fernando del Católico. Zaragoza. 2011.

<sup>299</sup> ARENAS DE PABLO, JUAN JOSÉ: *“Caminos en el aire. Los puentes”*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 2002 y FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO Y SÁENZ SANZ, AMAYA: *“Los puentes españoles del siglo XIX. Materiales, estructuras y patrimonio”*. Técnica e Ingeniería en España: El ochocientos: de los lenguajes al patrimonio. Real Academia de Ingeniería. Institución Fernando del Católico. Zaragoza. 2011.

paralelos. Finalmente fue sustituido en 1874 por un puente fijo en arco en celosía proyectado por el ingeniero Pablo de Alzola<sup>300</sup> tras su destrucción durante la Guerra Carlista.

Pedro Miranda construyó en 1833 el puente sobre el río Tajo en Aranjuez, en la carretera de Madrid a Cádiz. Constaba de un vano de 35 metros y estaba sustentado por cadenas. Tras su llegada a la Dirección General de Caminos, contrató a la empresa de los hermanos Seguin la construcción de cuatro puentes colgantes: puente de Fuentidueña sobre el río Tajo en la carretera de Madrid a Valencia<sup>301</sup>; puente de Arganda o de Vaciamadrid sobre el río Jarama<sup>302</sup>, también situado en la carretera de Madrid a Valencia; puente de Santa Isabel sobre el río Gállego en la carretera de Zaragoza a Barcelona<sup>303</sup>; y el puente de Carandía sobre el río Pas<sup>304</sup>.

---

<sup>300</sup> MANTEROLA ARMISÉN, JAVIER: *“Puentes. Apuntes para su diseño, cálculo y construcción”*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 2006 y ARENAS DE PABLO, JUAN JOSÉ: *“Caminos en el aire. Los puentes”*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 2002.

<sup>301</sup> Se inauguró en 1842. Tenía un vano único de 62 metros de luz y tablero de madera suspendido de péndolas verticales unidas a cuatro cables de alambre. Fue destruido en 1866 y su reconstrucción se llevó a cabo por medio de una viga de celosía de dos vanos. ARENAS DE PABLO, JUAN JOSÉ: *“Caminos en el aire. Los puentes”*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 2002 y FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO Y SÁENZ SANZ, AMAYA: *“Los puentes españoles del siglo XIX. Materiales, estructuras y patrimonio”*. Técnica e Ingeniería en España: El ochocientos: de los lenguajes al patrimonio. Real Academia de Ingeniería. Institución Fernando del Católico. Zaragoza. 2011.

<sup>302</sup> Se inauguró en 1843 y contaba con tres vanos de 39+59+39 metros. Por su disposición hubo de unirse todas las torres con cables rectos que dotaran de rigidez al conjunto. Se hundió por descalce de una pila tras una gran avenida en 1858 y se reconstruyó en 1860 aprovechando los restos. Durante la prueba de carga se vino abajo por la rotura de las torres de fundición que se habían aprovechado del puente anterior. En su reconstrucción posterior de 1862 se dispusieron torres de hierro forjado. Tras su destrucción por una acción militar del general Prim fue reemplazado por un puente metálico de arcos superiores. ARENAS DE PABLO, JUAN JOSÉ: *“Caminos en el aire. Los puentes”*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 2002 y SAAVEDRA MORAGAS, EDUARDO: *“Prueba del puente colgado de Arganda”*. Revista de Obras Públicas, Madrid, 1860 y FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO Y SÁENZ SANZ, AMAYA: *“Los puentes españoles del siglo XIX. Materiales, estructuras y patrimonio”*. Técnica e Ingeniería en España: El ochocientos: de los lenguajes al patrimonio. Real Academia de Ingeniería. Institución Fernando del Católico. Zaragoza. 2011.

<sup>303</sup> Su inauguración se produjo en 1844. Tenía un vano único de 136 metros de luz. En 1864 se decidió aumentar su rigidez y por ello se reforzaron las torres, haciendo un tablero metálico e introduciendo

El puente de Mengíbar sobre el río Guadalquivir está situado en la carretera de Bailén a Málaga. Su finalización se produjo en 1845 y estaba formado por un vano único de 108 metros de luz. El tablero de madera estaba suspendido de tres pares de cables que apoyaban sobre las torres<sup>305</sup>. Lo más original del mismo son las torres de fundición caladas de forma troncocónica, sobre las que se situaban rodillos metálicos en los que apoyaban los cables. Fue sustituido en 1930<sup>306</sup>. De ese mismo año es el puente colgante de Dueñas, sobre el Pisuerga, proyecto de Andrés Mendizábal y Calixto Santa Cruz. Tenía una luz de 75 m y los pilares sobre los que descansaban los cables de suspensión eran de sillería. Actualmente es un puente de hormigón armado y vigas de canto variable en vientre de pez<sup>307</sup>.



Imagen del antiguo puente de Mengíbar.

---

tirantes en los cuartos de la luz contiguos a las torres. Duró hasta el fin del primer cuarto del siglo XX en que fue sustituido. FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO Y SÁENZ SANZ, AMAYA: *“Los puentes españoles del siglo XIX. Materiales, estructuras y patrimonio”*. Técnica e Ingeniería en España: El ochocientos: de los lenguajes al patrimonio. Real Academia de Ingeniería. Institución Fernando del Católico. Zaragoza. 2011.

<sup>304</sup> Se inauguró en 1843. Tenía una luz de 110 metros. FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO Y SÁENZ SANZ, AMAYA: *“Los puentes españoles del siglo XIX. Materiales, estructuras y patrimonio”*. Técnica e Ingeniería en España: El ochocientos: de los lenguajes al patrimonio. Real Academia de Ingeniería. Institución Fernando del Católico. Zaragoza. 2011.

<sup>305</sup> GONZÁLEZ TASCÓN, IGNACIO: *“Ingeniería civil en España. Precedentes, historia y técnicas”*. Edición de Isabel Velázquez 2008.

<sup>306</sup> FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO Y SÁENZ SANZ, AMAYA: *“Los puentes españoles del siglo XIX. Materiales, estructuras y patrimonio”*. Técnica e Ingeniería en España: El ochocientos: de los lenguajes al patrimonio. Real Academia de Ingeniería. Institución Fernando del Católico. Zaragoza. 2011.

<sup>307</sup> ARENAS DE PABLO, JUAN JOSÉ: *“Camino en el aire. Los puentes”*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 2002.

Posteriormente en 1847 y 1848, se inauguraron dos puentes sobre el río Cinca, el primero en Fraga en la carretera de Zaragoza a Lérida y el segundo en Monzón, en la carretera de segundo orden de Huesca a Lérida. El primero tenía tres vanos de 49+83+56 metros. Para dotarlo de rigidez las torres se fijaron mediante cables rectos de unión de sus cabezas que se prolongaban hasta los anclajes de los cables principales. Sufrió varios accidentes por la dificultad de la cimentación de sus pilas hasta su sustitución en 1883 por un puente de vigas metálicas en celosía de cinco vanos de 46 metros de luz<sup>308</sup>. El puente de Monzón tenía tres vanos de 62 metros de luz y fue proyectado por el ingeniero Pedro Andrés y Puigdollers.

Un puente colgante singular lo constituye el puente de Lascellas sobre el río Alcanadre. Su construcción finalizó en 1860 y es singular por la solución adoptada: un solo vano de 94 metros de luz y tablero intermedio. Así el tablero de madera cuelga de los cables en los extremos, pero en la zona central los cables están situados por debajo, disposición sólo conocida en este puente. Al adoptar esta disposición se pudo reducir la altura de los soportes de fundición situados sobre los estribos. Una característica singular es el anclaje al suelo por tirantes verticales que caen del dintel desde el punto aproximado en que el cable portante y el tablero se cruzan, alrededor de cuartos de la luz<sup>309</sup>. Es obra del ingeniero Mariano Royo Urieta. Fue reconstruido en 1888, procediéndose a la sustitución del tablero de madera por uno metálico. Durante la Guerra Civil española fue volado y sustituido por un puente de hormigón armado<sup>310</sup>.

El puente colgante sobre el río Gállego situado en Santa Isabel, cercano a Zaragoza, era un puente colgante que salvaba una luz de 136 metros. Hubo de replantearse por el

---

<sup>308</sup> ARENAS DE PABLO, JUAN JOSÉ: *“Caminos en el aire. Los puentes”*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 2002 y FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO Y SÁENZ SANZ, AMAYA: *“Los puentes españoles del siglo XIX. Materiales, estructuras y patrimonio”*. Técnica e Ingeniería en España: El ochocientos: de los lenguajes al patrimonio. Real Academia de Ingeniería. Institución Fernando del Católico. Zaragoza. 2011.

<sup>309</sup> MANTEROLA ARMISÉN, JAVIER: *“Puentes. Apuntes para su diseño, cálculo y construcción”*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 2006.

<sup>310</sup> FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO Y SÁENZ SANZ, AMAYA: *“Los puentes españoles del siglo XIX. Materiales, estructuras y patrimonio”*. Técnica e Ingeniería en España: El ochocientos: de los lenguajes al patrimonio. Real Academia de Ingeniería. Institución Fernando del Católico. Zaragoza. 2011.

estado de corrosión que alcanzó a finales del XIX. La nueva solución era un puente colgante de importantes y ligeras torres de apoyo de los cables de suspensión a base de celosías metálicas, combinación del sistema de suspensión y tirantes oblicuos desde las cabezas de los mástiles, tablero compuesto por travesaños de hierro y nervios verticales para dotar de rigidez al conjunto.

El puente transbordador de Portugaleta, llamado puente de Vizcaya, es “*el puente más singular y original de los colgantes españoles*”<sup>311</sup>. Cuenta con 164 metros de luz y es obra del arquitecto español Alberto de Palacio y del ingeniero francés Ferdinand Arnodin. Es el primer puente transbordador que se construyó en el mundo y consiste en una viga fija a la altura que requiere el gálibo de los barcos, de la que se cuelga una plataforma móvil mediante cables. Su estructura es la de un puente fijo, atirantado en las zonas próximas a las torres y colgado de los cables principales en la zona central de la viga. Las dos vigas principales tenían dos metros de canto y eran trianguladas con cruces de San Andrés y montantes. En planta se arriostraban del mismo modo. La construcción finalizó en 1893. El puente fue volado durante la Guerra Civil y reconstruido posteriormente, aunque los cambios introducidos hacen que se trate de un puente nuevo diferenciado del original<sup>312</sup>.

El puente de Amposta fue construido en 1914 de la mano de J. E. Ribera, y al ser uno de los puentes más importantes de este tipo en nuestro país, se introduce en el epígrafe del siglo XIX, pues posteriormente no se mencionará este tipo por su casi abandono. La luz que alcanza en un vano único es de 134 m. En él aparece un sistema mixto de cuelgue: los 86 m centrales están colgados de los cables portantes curvos y los tramos situados en las proximidades de las pilas están atirantados desde las torres sin que en esta zona coexistan con péndolas verticales de suspensión. El tablero es de hormigón armado sobre vigas transversales metálicas que se apoyan en una barandilla rígida que cuelga de

---

<sup>311</sup> FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO Y SÁENZ SANZ, AMAYA: “*Los puentes españoles del siglo XIX. Materiales, estructuras y patrimonio*”. Técnica e Ingeniería en España: El ochocientos: de los lenguajes al patrimonio. Real Academia de Ingeniería. Institución Fernando del Católico. Zaragoza. 2011.

<sup>312</sup> FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO Y SÁENZ SANZ, AMAYA: “*Los puentes españoles del siglo XIX. Materiales, estructuras y patrimonio*”. Técnica e Ingeniería en España: El ochocientos: de los lenguajes al patrimonio. Real Academia de Ingeniería. Institución Fernando del Católico. Zaragoza. 2011.

los cables. Está dotado, por sus materiales y disposición estructural, de una gran rigidez<sup>313</sup>.

De todos los puentes colgantes que se construyeron en España no quedan más que dos, ambos reconstruidos tras la Guerra Civil: el puente transbordador de Portugalete sobre el río Nervión y el puente de Amposta de J. E. Ribera, que aunque fue construido a principios del siglo XX, se incluye en este capítulo por se el único de este tipo construido después del siglo XIX<sup>314</sup>. Este puente tien 135 metros de lus y su finalización se produjo en 1914. Fue construido por J. E. Ribera con plataforma de hormigón sobre vigas metálicas transversales. Está formado por cables principales, tirantes y vigas metálicas de gran rigidez en los bordes. Tuvo que ser reparado tras la Guerra Civil<sup>315</sup>.

La implantación de los puentes metálicos en España se produce a partir de la segunda mitad del siglo XIX. Se produjo una evolución en cuanto a los materiales empleados, paralela a los avances que representan. Inicialmente la construcción se realizó con fundición, para luego pasar al hierro forjado y posteriormente al acero. Presentaban múltiples ventajas en la construcción, ya que se evitaban las engorrosas y costosas cimbras, facilitando el montaje. Su adaptación a las condiciones de trazado constituía una de las principales ventajas, junto con su gran resistencia y durabilidad en comparación con otros materiales, como la madera. Además permitían salvar luces mayores que, por ejemplo, los puentes de piedra, sin la necesidad de pilas intermedias, lo que disminuía el coste y las dificultades de construcción. Dentro de estos puentes podemos diferenciar dos tipos: el tipo arco y el tipo viga. En España de los primeros, la solución que más se generalizó fue la de arcos superiores o bowstring<sup>316</sup>, frente a la de

---

<sup>313</sup> MANTEROLA ARMISÉN, JAVIER: *“Puentes. Apuntes para su diseño, cálculo y construcción”*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 2006.

<sup>314</sup> FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO Y SÁENZ SANZ, AMAYA: *“Los puentes españoles del siglo XIX. Materiales, estructuras y patrimonio”*. Técnica e Ingeniería en España: El ochocientos: de los lenguajes al patrimonio. Real Academia de Ingeniería. Institución Fernando del Católico. Zaragoza. 2011.

<sup>315</sup> FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO Y SÁENZ SANZ, AMAYA: *“Los puentes españoles del siglo XIX. Materiales, estructuras y patrimonio”*. Técnica e Ingeniería en España: El ochocientos: de los lenguajes al patrimonio. Real Academia de Ingeniería. Institución Fernando del Católico. Zaragoza. 2011.

<sup>316</sup> *“puentes bowstring de uno o varios vanos se construyeron muchos en España durante el siglo XIX, quizá el tipo metálico más característico de las carreteras españolas”*. FERNÁNDEZ TROYANO,

tablero superior. Se fundamenta en la realización de una triangulación entre el enlace arco tablero, convirtiéndolo en una solución intermedia entre un arco superior y una viga de canto variable. La solución de triangulación general consistía en cruces de San Andrés estiradas verticalmente y montantes verticales. Se trata por tanto, de un arco atirantado por el propio tablero, lo que elimina los empujes horizontales en los apoyos. Puentes arco de tablero superior también se construyeron en España aunque no fue una solución muy generalizada ni en los ferrocarriles ni en las carreteras españolas.

Los puentes viga metálicos, tanto en celosía, triangulados o de alma llena, se desarrollaron en España a partir de la segunda mitad del XIX<sup>317</sup>. Dentro de los puentes viga metálicos podemos establecer una clasificación:

1. Puente viga metálicos en celosía: constituyó el tipo inicial en la construcción de estos puentes en España. Las primeras celosías eran muy tupidas y estaban formadas por platabandas que generalmente tenían ancho variable desde el centro del vano hasta los apoyos, siguiendo las leyes de variación del esfuerzo cortante. Estaban mejor considerados que las vigas de alma llena. La celosía fue evolucionando, primero haciéndose más abierta y sustituyendo las platabandas por perfiles. Su desarrollo natural desembocó en puentes viga triangulados. Se empleaban para grandes luces y este tipo desapareció en el siglo XX. Se construían por empuje o corrimiento, sistema que consistía en montar las vigas en uno de los accesos para posteriormente hacerlo deslizar hacia delante rodando mediante cojinetes interpuestos sobre la cabeza de las pilas<sup>318</sup>.
2. Puente viga metálicos triangulados: En España se comenzaron a implantar a finales del siglo XIX y en general eran con vigas tipo Linville.
3. Puentes de alma llena: se comienzan a emplear simultáneamente a los puentes viga metálicos, aunque eso sí, para salvar luces más pequeñas. Su aceptación era

---

LEONARDO Y SÁENZ SANZ, AMAYA: “*Los puentes españoles del siglo XIX. Materiales, estructuras y patrimonio*”. Técnica e Ingeniería en España: El ochocientos: de los lenguajes al patrimonio. Real Academia de Ingeniería. Institución Fernando del Católico. Zaragoza. 2011.

<sup>317</sup> FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO Y SÁENZ SANZ, AMAYA: “*Los puentes españoles del siglo XIX. Materiales, estructuras y patrimonio*”. Técnica e Ingeniería en España: El ochocientos: de los lenguajes al patrimonio. Real Academia de Ingeniería. Institución Fernando del Católico. Zaragoza. 2011.

<sup>318</sup> ARENAS DE PABLO, JUAN JOSÉ: “*Caminos en el aire. Los puentes*”. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 2002.

menor que para los puentes celosía dada la sensación de pesadez que transmiten. Su construcción se realizaba mediante apeos.

El primer puente arco metálico construido en España fue el de Isabel II sobre el río Nervión en Bilbao en 1847. Constaba de siete arcos de fundición, siendo el tramo central basculante. Desapareció tras una riada en 1874. Aunque el más conocido es el puente de tablero superior de Triana en Sevilla, formado por tres arcos de 46,5 metros de luz, a semejanza del puente Carrousel en París. El puente se finalizó en 1852. Estaba formado por arcos tubulares de fundición hechos por dovelas de dos piezas longitudinales. Actualmente está en servicio tras la modificación estructural que supuso el situar un tablero metálico autorresistente que no se apoya en los arcos<sup>319</sup>.

El primer puente arco bowstring<sup>320</sup> o arco atirantado en España fue el puente de Valladolid o de Prado, finalizado en 1865 bajo la dirección de los ingenieros españoles A. Campuzano y A. Borregón. Se trata de un puente de tramo recto realizado con palastros o chapas de hierro forjado. Salva una luz de 67,7 metros disponiendo de una triangulación poco clara, con un arco a media altura y montantes y diagonales sobre él, y cruces de San Andrés bajo él. El siguiente bowstring construido en carretera es el puente de Monzón sobre el río Cinca, finalizado en 1883 en sustitución del puente colgante. El diseño corresponde a Joaquín Pano. Constaba de tres vanos de 62 metros de luz cada uno, formado por un arco curvo elevado, un nervio situado bajo el tablero y los montantes y diagonales que forman la triangulación que enlaza arco y tablero<sup>321</sup>. En

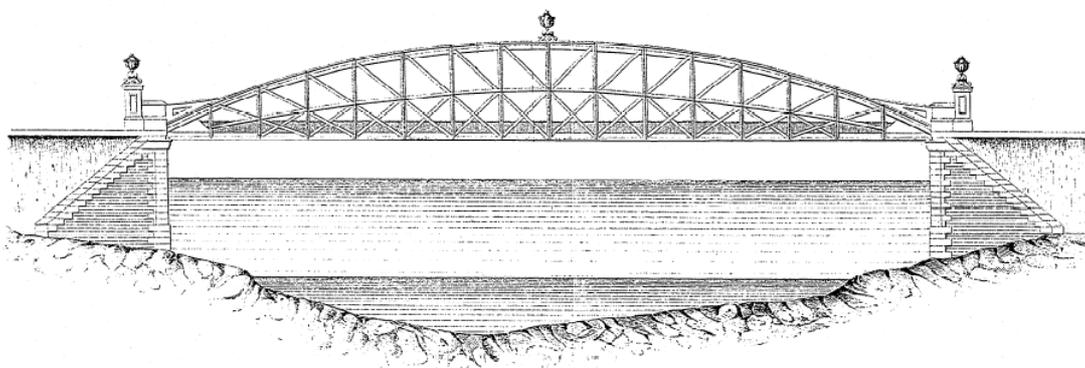
---

<sup>319</sup> FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO Y SÁENZ SANZ, AMAYA: *“Los puentes españoles del siglo XIX. Materiales, estructuras y patrimonio”*. Técnica e Ingeniería en España: El ochocientos: de los lenguajes al patrimonio. Real Academia de Ingeniería. Institución Fernando del Católico. Zaragoza. 2011.

<sup>320</sup> El arco bowstring es un arco que vuela sobre el tablero, que se una a él en sus extremos y además cuelga de ese arco mediante péndolas. Arco, tablero y péndolas configuran una viga simple muy ligera, con canto variable que permite acoplarla a la variación de sus esfuerzos internos. El arco soporta esfuerzos de compresión y el tablero, que funciona a modo de tirante, de tracción. Así se consigue transmitir a los apoyos esfuerzos únicamente verticales.

<sup>321</sup> ARENAS DE PABLO, JUAN JOSÉ: *“Caminos en el aire. Los puentes”*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 2002.

1885 se finaliza otro de los puentes significativos de este tipo, el Puente de Hierro de Zaragoza sobre el río Ebro, del ingeniero Laborda<sup>322</sup>.



Alzado del puente de Valladolid o de Prado.

En cuanto a puentes arcos se debe destacar el puente del Grado sobre el río Cinca, en la carretera de Barbastro a la frontera francesa. Es un arco escarzano de 68 metros de luz, con cuatro arcos paralelos de alma llena de hierro forjado y tímpanos triangulados con cruces de San Andrés. Su construcción se realizó por avance en coladizo por mitades desde ambos bordes de la garganta y finalizó en 1867<sup>323</sup>. Hoy está desaparecido. Como puente arco urbano se debe destacar el puente de Enrique Esteban sobre el río Tormes en Salamanca, constituido por seis arcos de 33 metros de luz. Aunque su construcción se produjo en el siglo XX, el proyecto de S. Zubiaurre es de 1898. El puente arco más significativo e importante de los construidos en España es el viaducto del Pino de J. E. Ribera. Su construcción se materializó en 1914, pero el proyecto es del siglo XIX. Es el mayor de los arcos metálicos de este siglo en España. Está formado por un arco biarticulado de 120 metros de luz. Se construyó por voladizos sucesivos a base de crear

<sup>322</sup> Además de los mencionados se construyeron gran número de puentes bowstring en las carreteras españolas, como el puente de Talavera de la Reina sobre el río Tajo o el puente de Coria sobre el río Alagón entre otros. FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO Y SÁENZ SANZ, AMAYA: *“Los puentes españoles del siglo XIX. Materiales, estructuras y patrimonio”*. Técnica e Ingeniería en España: El ochocientos: de los lenguajes al patrimonio. Real Academia de Ingeniería. Institución Fernando del Católico. Zaragoza. 2011.

<sup>323</sup> ARENAS DE PABLO, JUAN JOSÉ: *“Camino en el aire. Los puentes”*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 2002.

unas ménsulas formadas por los semiarcos, el tablero, los montantes y unas diagonales<sup>324</sup>.

El primer puente de carretera constituido por vigas metálicas en celosía es el de las Mellizas sobre el río Guadalhorce, situado en la carretera de Málaga a Cádiz. Es coetáneo del puente sobre el río Odiel en la carretera de Huelva a Ayamonte, con cinco vanos de 36+3x42+36 metros.

El primer puente de carretera constituido por vigas de alma llena fue el de Vegadeo sobre el río Eo, en la carretera de Oviedo a Lugo. Estaba formado por una viga continua de dos canos de 39 metros de luz. Posteriormente se construyó uno de los puentes de mayor luz de este tipo: el de los Peares, en la carretera de Orense a Monforte de Lemos. Consta de un solo cano de 62 metros. El más conocido de este tipo es el primer viaducto de la calle Segovia en Madrid, finalizado en 1872 y formado por 3 vanos de 54 metros de luz.

El tipo arco o bowstring tuvo escasa significación e implantación en los trazados ferroviarios, aunque existen algunas realizaciones. Entre ellas destacan el puente de Alfonso XII sobre el río Guadalquivir en Sevilla, constituido por cinco vanos de 50 metros de luz. Se finalizó en 1880. Otro representativo es el del río Gargallo en la línea de Zaragoza a Barcelona, de 56 metros de luz<sup>325</sup>.

Los primeros puentes viga metálicos se ejecutan en las primeras líneas ferroviarias españolas, entorno a la década de los cincuenta del siglo XIX. En 1850 se construye el primer puente viga metálico en celosía en la línea Barcelona-Mataró y en 1859 se construyen dos puentes sobre el río Guadalquivir en la línea de Córdoba a Sevilla: el puente de Alcolea (vigas en celosía) y el puente de Lora del Río (vigas de alma llena).

---

<sup>324</sup> FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO Y SÁENZ SANZ, AMAYA: “*Los puentes españoles del siglo XIX. Materiales, estructuras y patrimonio*”. Técnica e Ingeniería en España: El ochocientos: de los lenguajes al patrimonio. Real Academia de Ingeniería. Institución Fernando del Católico. Zaragoza. 2011.

<sup>325</sup> FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO Y SÁENZ SANZ, AMAYA: “*Los puentes españoles del siglo XIX. Materiales, estructuras y patrimonio*”. Técnica e Ingeniería en España: El ochocientos: de los lenguajes al patrimonio. Real Academia de Ingeniería. Institución Fernando del Católico. Zaragoza. 2011.

En celosía también se construyó el Viaducto de Ormaiztegui en 1863, uno de los más importantes de la época. Pertenece a la línea Madrid-Irún y está formado por cinco vanos de 60 metros los centrales y 53 metros los extremos. Las diagonales estaban formadas por platabandas. Las pilas son de sillería. Su construcción se realizó por el procedimiento de empuje desde los estribos, produciéndose el avance de los tramos metálicos por su apoyo en rodillos. Fue derribado durante la Guerra Civil y su reconstrucción durante la misma no se puede calificar de acertada.

Aunque el número de puentes de ferrocarril con vigas en celosía es amplio<sup>326</sup>, se deben destacar entre ellos tres construidos en Galicia. El primero es el Viaducto Madrid en Redondela, perteneciente a la línea de Orense a Vigo, construido en 1872. Está formado por cinco vanos de 51 m de luz y fue construido por empuje. Actualmente está fuera de servicio. El segundo es el viaducto Pontevedra, sobre el pueblo de Redondela. Está formado por tres vanos 46+57+46 metros de luz con vigas en celosía. En este viaducto la celosía es más abierta y está formada por perfiles en lugar de platabandas. El tercero es el puente internacional de Tuy sobre el río Miño, para ferrocarril y carretera. Tiene cinco vanos, los tres centrales de 66 metros y los dos laterales de 60 metros. Se inauguró en 1886 y actualmente sigue en servicio, siendo el mayor puente del XIX que lo hace<sup>327</sup>.

---

<sup>326</sup> Entre ellos están el puente sobre el río Guadalquivir en la línea de Córdoba a Málaga, con vigas en celosía; el puente sobre el Genil en Puente Genil; puente sobre el río Guadiana en la línea de Ciudad Real a Badajoz, formado por vigas en celosía en 11 vanos de 53 metros de luz, hoy sustituido por un puente de fábrica. FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO Y SÁENZ SANZ, AMAYA: *“Los puentes españoles del siglo XIX. Materiales, estructuras y patrimonio”*. Técnica e Ingeniería en España: El ochocientos: de los lenguajes al patrimonio. Real Academia de Ingeniería. Institución Fernando del Católico. Zaragoza. 2011.

<sup>327</sup> FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO Y SÁENZ SANZ, AMAYA: *“Los puentes españoles del siglo XIX. Materiales, estructuras y patrimonio”*. Técnica e Ingeniería en España: El ochocientos: de los lenguajes al patrimonio. Real Academia de Ingeniería. Institución Fernando del Católico. Zaragoza. 2011.



Viaducto Madrid en Redondela.

El viaducto del Salado es el puente de mayor luz del siglo XIX y está situado en la línea de Linares a Almería<sup>328</sup>. El puente tenía vigas en celosía abierta de 10 metros de canto, arriostradas transversal y horizontalmente. Consta de tres vanos, el central de 105 metros de luz, apoyado en unas pilas sillería de 75 metros de altura. El tablero se construyó por empuje y las pilas, de grandes dimensiones, a partir de un hueco central. Fue inaugurado en 1889<sup>329</sup>.

A finales del siglo XIX se inició la construcción de puentes metálicos tipo viga triangulados, de gran longitud. Entre ellos destacan el segundo puente de ferrocarril sobre el Guadiana en Mérida, perteneciente a la línea Mérida-Sevilla, construido en 1879. También el puente de Zamora sobre el Duero, finalizado en 1896 y constituido por cinco vanos de 53 metros.

El primer puente de alma llena del ferrocarril es el puente situado en Lora del Río sobre el Guadalquivir, en la línea de Córdoba a Sevilla. Estaba formado por 8 vanos de 32

---

<sup>328</sup> En esta línea se construyeron viaductos metálicos de grandes dimensiones: el de Anchurón, con vigas en celosía abierta que salvaban luces de 55 metros; el de Jergal, con igual solución de vigas en celosía abierta e iguales luces; el viaducto del Hacho. FERNÁNDEZ TROYANO, LEONARDO Y SÁENZ SANZ, AMAYA: *“Los puentes españoles del siglo XIX. Materiales, estructuras y patrimonio”*. Técnica e Ingeniería en España: El ochocientos: de los lenguajes al patrimonio. Real Academia de Ingeniería. Institución Fernando del Católico. Zaragoza. 2011.

<sup>329</sup> ARENAS DE PABLO, JUAN JOSÉ: *“Caminos en el aire. Los puentes”*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 2002.

metros de luz. Pero en general se construyeron pocos puentes de este tipo en los ferrocarriles españoles.

### **2.3.3 PUENTES CARACTERÍSTICOS DEL PRIMER TERCIO DEL SIGLO XX.**

El siglo XX el siglo en el que se implanta el hormigón como material de construcción en la ingeniería civil, que convivirá con el acero. Su uso a lo largo de esa época se ha generalizado, y no hay construcción en que no se emplee bien sea como material estructural, como cimiento o incluso como material ornamental.

Pero para llegar a esta aceptación, el hormigón armado hubo de recorrer un largo camino. Su origen se remonta a los inicios del siglo pasado siendo destacable que en tan corto periodo de tiempo haya conseguido la difusión total. Sus comienzos, un tanto titubeantes, fueron complicados, debido fundamentalmente a la ausencia de herramientas de cálculo que ayudaran a entender su comportamiento como material mixto. Sólo el empeño de constructores e ingenieros que supieron apreciar y ver sus cualidades frente a las de los otros materiales empleados hasta el momento (hierro, fundición, acero o madera), y se arriesgaron a emplearlo pese al desconocimiento absoluto en cuanto al cálculo, permitió convertir al hormigón armado en material de construcción.

El hormigón armado es un material compuesto que nace de la asociación del hierro con el hormigón. El comportamiento conjunto de ambos materiales permite mejorar las características que uno y otro componente tienen por separado: el acero reporta al conjunto la resistencia a tracción; el hormigón a compresión y además protege al acero frente a la corrosión. Afortunadamente ambos materiales tienen coeficientes de dilatación parecidos, de modo que los cambios térmicos producen deformaciones similares. Además, la adherencia entre ambos resulta beneficiada por la retracción del hormigón que se produce durante el fraguado.

La obtención del hormigón armado no fue posible hasta mediados del siglo XIX. Primero hubo que producir artificialmente el cemento, pues la cal hidráulica o mortero puzolánico ya era conocido por los romanos. En 1824 Joseph Aspdin, un albañil de Leeds, obtuvo el cemento de manera artificial, que denominó cemento portland, por el color parecido a la piedra portland que se obtenía con la mezcla. Louis-Joseph Vicat

profundizó en su estudio y conocimiento, para determinar sus propiedades, fabricación y composición más adecuada.

La primera noticia sobre la feliz asociación hierro-cemento aparece en 1855 en la Exposición Universal de París. En ella Joseph Louis Lambot presentó una embarcación de hormigón armado que denomina Bateau-ciment y que fabricó en 1848, a partir de una malla de alambre reforzada con algunas barras más gruesas. Aunque es Lambot el primero en demostrar su descubrimiento aplicable a la ingeniería civil, existen casos anteriores de la asociación hierro-cemento en la edificación, fundamentalmente en la construcción de forjados. Esto no es casual, pues se buscaba obtener una estructura que presentara gran resistencia al fuego. Hasta entonces se embebían las vigas en yeso y se aligeraban los forjados con bovedillas de ladrillo. Este sistema comienza a ser sustituido a mediados de siglo por el relleno y al mismo tiempo recubrimiento de hormigón, extendiéndose tanto en Inglaterra como en los demás países europeos y Estados Unidos, comprobándose de esta manera, la eficacia buscada del nuevo material. Coignet ejecutó el primer forjado plano del que se tiene noticia en su propia casa en 1853.

Joseph Monier (1823-1906), la figura clave para entender el desarrollo en la aplicación del hormigón armado, presenta en la Exposición Universal de París de 1867 su invento de macetas armadas con una malla de alambre, en las que llevaba trabajando desde 1849. Obtiene la patente de fabricación ese mismo año. El asombro causado por el invento, provenía de la alta resistencia que ofrecía el elemento frente a su ligereza. *“Monier, con sus tiestos, escribe Torroja, no podía imaginar el futuro del material que usaba por primera vez”*.

Consecutivamente, Monier fue patentando diversos elementos de hormigón armado<sup>330</sup>. Todas estas patentes llegaron a conformar un sistema de construcción propio, aunque en estos casos se dejaba constancia del desconocimiento en cuanto al funcionamiento del hormigón armado como material de construcción. Sus elementos se conformaban formando un armazón con la armadura metálica, que se recubría de hormigón para obtener la rigidización buscada.

---

<sup>330</sup> Tuberías en 1868, paneles prefabricados para fachadas en 1869, puentes carreteros y peatonales en 1873, escaleras en 1875, vigas en 1878 y cubiertas en 1880.

A partir de estos descubrimientos se comienza a experimentar con el hormigón en todo tipo de construcciones de ingeniería civil en Europa. En España no existen noticias en la época que indiquen que su uso corría parejo al europeo, sólo algunas tímidas incursiones con los morteros. Se puede asegurar que Alemania, Francia e Inglaterra encabezarían los estudios y difusión del hormigón armado. En Alemania la empresa Wayss and Freytag, que había adquirido la patente Monier, se dedica a avanzar en el estudio del entendimiento del material para determinar su comportamiento, propiedades, etc, a través de la investigación y de la realización práctica en sus construcciones.

El gran impulsor a nivel europeo será François Hennebique desde Francia. Con una gran labor propagandística conseguirá implantar en Europa el nuevo material de construcción. Sus primeros trabajos con el hormigón se produjeron en 1879, revistiendo perfiles metálicos estructurales con el nuevo material, buscando el hacerlos resistentes al fuego. Posteriormente ampliará su campo de actuación, trasladando al hormigón armado al campo de la construcción civil (puentes, depósitos, etc).

El primer puente francés que empleó el sistema Hennebique se construyó en Chatellerault y constaba de tres arcos de 40, 50 y 40 metros de luz. Bajo este sistema se construyó el 1908 el puente del Rissorgimento en Roma, un arco tñpano de 100 metros de luz y tan sólo 10 metros de flecha<sup>331</sup>, que superaba con hormigón todo lo que hasta ese momento se venía realizando en piedra.



Puente del Rissorgimento sobre el Tíber en Roma.

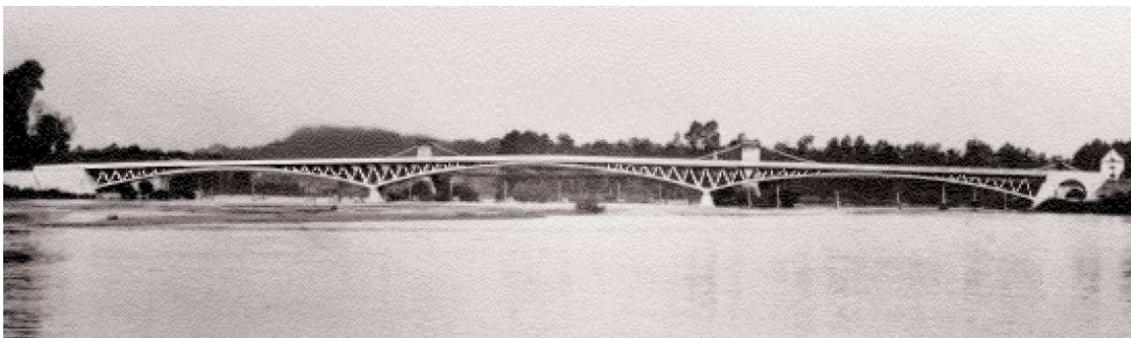
---

<sup>331</sup> ARENAS DE PABLO, JUAN JOSÉ: “*Caminos en el aire. Los puentes*”. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 2002.

Pero el hormigón armado también contaba con sus detractores reacios a su utilización generalizada. Y por ello limitaban su uso a determinados elementos de la estructura. En el puente de los Catalanes en Toulouse, obra de Sejourné, los arcos monumentales se construyeron con piedra, y sólo el tablero compuesto de un emparrillado de vigas en las dos direcciones, se ejecutó con hormigón armado.

El desarrollo del hormigón armado en puentes se aplicó y evolucionó en dos tipos diferentes. El primero es el tipo de puentes de tramo recto, que se aplicaba en tramos isostáticos o simples. Se disponían nervios longitudinales unidos por un forjado de enlace, con voladizos laterales generando una sección transversal en forma de  $\pi$ . Los tableros rectos transmiten las cargas hasta los apoyos mediante mecanismos resistentes de flexión, produciendo tensiones de compresión y tracción en las diferentes fibras de la sección. Si las armaduras están bien dispuestas, el mecanismo resistente resulta adecuado. El segundo es el tipo arco estructuras que resisten por forma. La combinación del acero y del hormigón permite resistir las fuerzas que se generan.

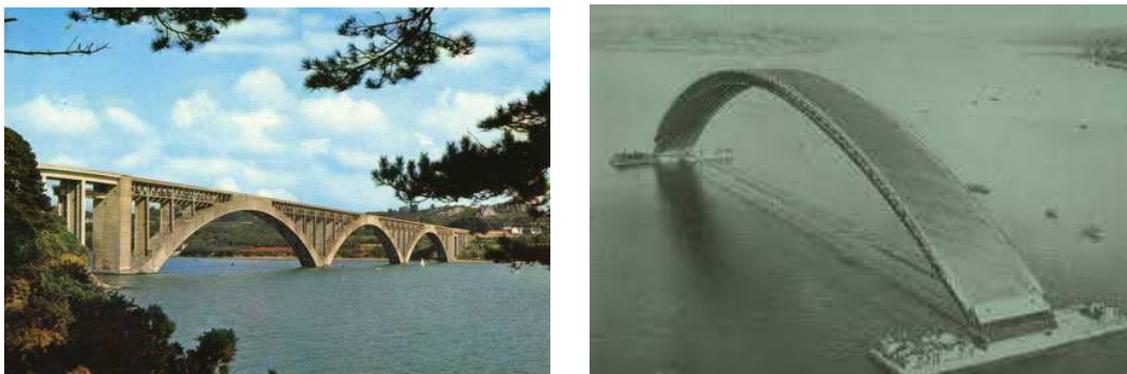
En 1910, el insigne Ingeniero Freyssinet ejecuta una de las realizaciones más impresionantes en hormigón armado, que de modo definitivo consagrarían este material. El puente del Veudre sobre el Allier estaba compuesto por tres bóvedas delgadas de 72 metro de luz, con una flecha de 4,80 metros, articuladas tanto en los arranques como en las claves. El tablero se apoyaba en los arcos a partir de un esquema de triangulación a similitud de las celosías de acero. Las bóvedas eran increíblemente finas, tenían tan sólo 30 cm de espesor.



Puente del Veudre sobre el Allier, de Eugène Freyssinet.

Tras su inauguración se presentaron problemas por el desconocimiento en aquel entonces de los fenómenos de retracción y fluencia del hormigón. Problemas que resolvió Freyssinet bloqueando las rótulas en las claves.

Otros puentes significativos obra de este autor son: el Puente Villeneuve sur Lot y el viaducto de Plougastel. El primero es un puente de un único vano de 96 m de luz compuesto por dos arcos paralelos de hormigón en masa sobre los que se apoyan unas arquerías de medio punto que sustentan el tablero. Los arcos contaban con 3 metros de ancho y estaban separados 8 metros. Esta luz fue un récord mundial en su momento. El viaducto de Plougastel se planteó para salvar una luz de 600 metros. En 1922 Freyssinet planteó la ejecución de tres arcos de hormigón armado de 190 metros de luz, impresionante en aquel momento. El proceso constructivo también resultó novedoso al emplear una cimbra flotante en forma de arco de madera atirantada con barras de acero con resistencia suficiente para autosostenerse. Fue inaugurado en 1930.



Viaducto de Plougastel y cimbra flotante empleada en su construcción.

Robert Maillart fue sin duda otro de los grandes ingenieros que dotó de entidad las construcciones de hormigón armado, en concreto de los puentes, en el primer tercio del siglo XX. Con formas totalmente adecuadas al lugar donde se ubican, consigue una completa integración de los mismos a la vez que una revolución técnica.

Después de experimentar en diversos puentes con hormigón armado, y plantear soluciones ingeniosas como en el caso de los puentes de Stauffacher sobre el río Sihl en Zurich<sup>332</sup> (1899), el puente de Zuoz sobre el río Inn<sup>333</sup> (1901) o en el puente de

---

<sup>332</sup> Este puente consiste en una bóveda de hormigón clásica triarticulada con un tablero independiente apoyado mediante pilares que se ocultaban a la vista por medio de paredes-fachada.

Tavanasa sobre el Rin (1905), Maillart culmina estas obras de puentes de hormigón con la ejecución del puente del barranco de Salgina en 1929. Este puente arco triarticulado de 90 metros de luz sobre el valle alpino de Schiers (Suiza) y 90 metros de altura sobre el fondo del valle, se construyó con una bóveda cuyo espesor oscila entre los 20 y los 40 centímetros, con un ancho de 3,60 metros en la clave y 6 metros en los arranques. El proceso de construcción también fue una hazaña en su momento: se ejecutó una imponente cimbra soporte para el hormigonado de los dos semiarcos de hormigón que se unirían a partir de la articulación en la clave.

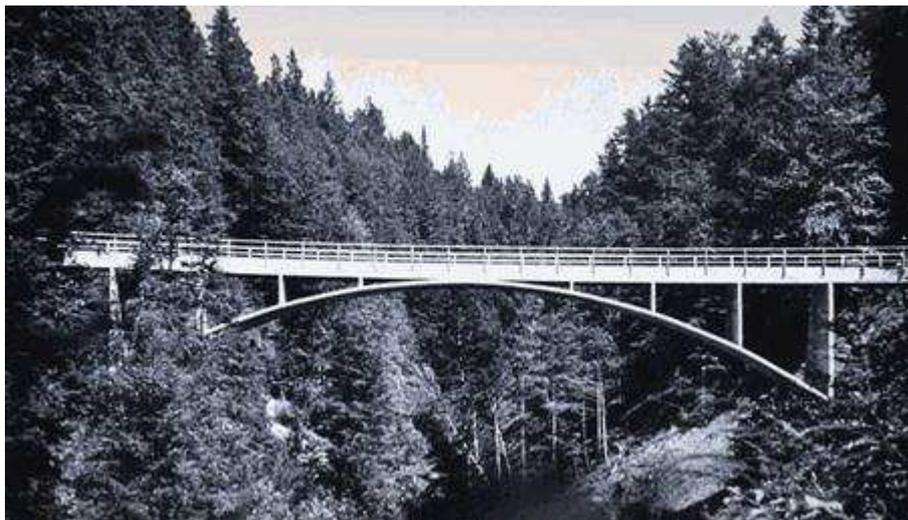


Imágenes del puente de Salgina, durante su construcción y en la actualidad.

En la búsqueda de ejecuciones de puentes arco con espesores mínimos, Maillart plantea arcos laminares con hormigón armado, posibles siempre y cuando el tablero contara con la inercia suficiente para soportar las flexiones derivadas de las cargas concentradas de tráfico. Y a ello se lanzó en 1925 con el puente de Val-Tschiel en Donath, de 43 metros de luz. El espesor de la bóveda varía entre 23 y 29 centímetros, que se rigidiza por medio del tablero superior, completado por pantallas verticales de 16 cm de espesor dispuestas cada 3,14 metros en toda la anchura de la bóveda, que transmiten las cargas del dintel al arco. En 1930 resuelve con el mismo tipo un puente de 30 metros de luz para el ferrocarril, el Puente de Klosters. El puente sobre el Schwandbach (1933) es su obra más pura de arco laminar. Salva una luz de 37 metros para lo que emplea una bóveda de sólo 20 centímetros de espesor.

---

<sup>333</sup> Este puente bóveda salvaba una luz de 30 metros, y en él los tímpanos tienen una función estructural, no son fachada como en el puente anterior.



Puente sobre el Schwandbach.

### **2.3.3.1 IMPLANTACIÓN DEL HORMIGÓN ARMADO EN ESPAÑA.**

La difusión de las nuevas técnicas de construcción en base al hormigón armado a través de publicaciones científicas fue la clave para su generalización en el uso. El conocimiento se transmitía por estos medios, como la Revista de Obras Públicas u otras específicamente creadas en torno de este material<sup>334</sup>. Los viajes financiados por empresas o instituciones y las exposiciones universales también constituyeron medios de divulgación del conocimiento<sup>335</sup> y de las experiencias prácticas realizadas con el hormigón. El ejemplo más significativo de la importancia que suponen los viajes al resto de obras europeas, lo constituye Ribera que, tras la visita al puente en construcción

---

<sup>334</sup> Para más información sobre estas publicaciones véase capítulo 2.2.1

<sup>335</sup> Tras realizar uno de estos viajes, el Ingeniero de Caminos Enrique Martínez y Ruiz de Azúa relata: *“...Entre todos los materiales que hemos estudiado, ninguno nos ha sorprendido tanto como el denominado Hormigón de cemento armado, en el cual, la sencillez de los cálculos y explicaciones racionales corren pareja con la facilidad de los acopios a pie de obra, suprimiendo los transportes de grandes volúmenes y las piezas de peso considerable, facilitando la construcción y dando por resultado obras de resistencia inconcebible, dotadas al propio tiempo de gran esbeltez y ligereza.*

*El hormigón de cemento, y el hierro ó el acero, son los materiales que constituyen este sistema especial de las construcciones modernas.*

*...el novísimo sistema de hormigón de cemento armado es material digno por todos conceptos de un estudio serio y de que se reserve lugar preeminente en las construcciones de Obras Públicas...”.*

MARTÍNEZ Y RUIZ DE AZÚA, ENRIQUE: “Hormigón de cemento armado”. Revista de Obras Públicas, 1901 nº 1362, 1363,1364 y 1365.

de la Coulovreniere en Ginebra en 1895, obra de Hennebique, conoce el hormigón armado, sus técnicas y propiedades, y encamina su traslado a España.

Los tratados o manuales sobre el hormigón armado firmados por técnicos españoles, surgieron a principios del siglo XX para convertir esta técnica constructiva en universal, desarrollando teorías de cálculo y ejecución fiables y ponerlas así al alcance de técnicos capacitados para llevarlas a la práctica.

El primer manual data de 1902 y es de la autoría de José Eugenio Ribera. Con *“Hormigón y cemento armado. Mi sistema y mis obras”* pretendía difundir las obras proyectadas, ejecutadas o dirigidas por él, indicando los procedimientos constructivos y métodos de cálculo de elementos de hormigón armado. En él reconocía la diversidad de sistemas empleados en Europa y España a principios de siglo, y los dividió en dos grupos: los que afinaban el cálculo hasta grados insospechados encareciendo así la ejecución de las obras y los que las encarecían por consumo excesivo del material al no afinar los cálculos. Ribera decía situarse con su sistema en un buen término medio. Basándose en que todas las teorías de hormigón armado estaban fundadas en hacer trabajar al hormigón a compresión y al hierro a tracción, presentó métodos de cálculo para vigas, pilares, forjados, etc, así como las dosificaciones recomendadas y los análisis de esfuerzos cortantes (por eso la tela metálica).

En 1910, Ricardo Seco de la Garza, Ingeniero Militar responsable de la casa Hennebique en Madrid, publica un manual de cálculo bajo el título de *“Cemento armado. Cálculo rápido, datos prácticos”*. En él no aporta ninguna idea original, pretendiendo hacer posible la práctica del hormigón armado a través de la experiencia y conocimientos adquiridos por el autor. Con una sencillez conceptual analiza el cálculo de losas, vigas, forjados, pilares teniendo como base las teorías de Considère y detalla los procesos de construcción y puesta en obra del hormigón. Resaltable por su precocidad resulta la introducción que realiza sobre el concepto de la prefabricación del hormigón armado, *“...este procedimiento consiste en construir separadamente cada una de las piezas del piso, cabios, vigas principales y recuadros de forjado. Estos elementos, a los que se les dejan esperas de hierro, son unidos posteriormente en obra con mortero muy rico en cemento...”*.

Pero sin duda, aunque un poco posterior y con un gran rigor científico, el tratadista y teórico más importante en la época fue Juan Manuel de Zafra. En 1911 publica “*Construcciones de hormigón armado*”, primer texto técnico-científico sobre la ejecución y el cálculo de estructuras de hormigón armado. En él mostraba su posición universalista respecto a las condiciones y características técnicas que debe cumplir el hormigón, defendiendo que “...*Para nosotros no hay más que un solo sistema: el de poner armadura donde y en la forma que un estudio atento de las deformaciones de cada pieza, ha de sufrir por su trabajo propio y por su enlace con las contiguas, revela que el hormigón necesita ayuda. Este sistema no es de nadie y es de todos los que saben de mecánica aplicada a la construcción...*”<sup>336</sup>. Zafra define en él la sección resistente como una solución autónoma del sistema constructivo empleado, frente a las soluciones empleadas hasta el momento basadas en formulaciones empíricas o interpretaciones de hipótesis simples mecánicas. Zafra fue además quien introdujo la asignatura de hormigón armado dentro del programa de estudios de la Escuela de Caminos de Madrid en 1910, siendo titular de la misma hasta su precoz muerte en 1923.

En cuanto a la aplicación práctica en nuestro país, las primeras experiencias con hormigón datan de mediados del siglo XIX en diferentes aplicaciones de la ingeniería hasta conseguir su completa aceptación en obras donde la componente resistente tenía un mayor peso.

### **2.3.3.2 PRIMERAS EXPERIENCIAS CON HORMIGÓN ARMADO EN ESPAÑA. EL HORMIGÓN EN EL SIGLO XIX.**

Las primeras experiencias realizadas en España con hormigón en masa (a mediados del XIX no se construía a gran escala con el hormigón armado), se centraron en el campo de las cimentaciones, tanto de puentes como de obras portuarias. Se encuentra documentada la protección que se realizó con cemento a los pilotes de madera de un

---

<sup>336</sup> ANAYA DÍAZ, JESÚS: “*Hormigón, estructura y forma de una nueva técnica en la arquitectura española de la primera mitad del siglo XX*”. Art. del Tercer Congreso Nacional de Historia de la Construcción. Sevilla 26-28 octubre 2000.

puente para el paso del río Urumea en San Sebastián, realizado en 1846<sup>337</sup>. Se planteó esta solución para proteger a los pilotes de los ataques de los gusanos marinos. Seis años después de su construcción, se efectuó el reconocimiento de los mismos, y mediante ensayos de “resistencia al hacha” comprobando la limpieza de corte, se verificó el buen estado de la madera. Se publicitaba el método publicando “...*este procedimiento indicado de interesante aplicación en casos análogos al que nos ocupa, tanto más cuanto que esta aplicación no ofrece, como fácilmente puede imaginarse, ni gran coste ni dificultades de ninguna clase...*”. Es destacable que sus primeras aplicaciones no fueran de resistencia, sino de protección de elementos resistentes, al igual que ocurría en la edificación.

Para el mismo fin, la cimentación, se empleó el hormigón en la ejecución del Puente metálico de Isabel II en Sevilla, entre los años 1845-1852. Bajo las órdenes de Gustavo Steinacher y Fernando Bernadet, y la supervisión del Ingeniero Jefe Carlos María Cortés, se construyó este puente de tipo metálico, de 136,5 m de luz total repartida en tres vanos de 43,33 m. En la construcción de los cimientos se empleó la cal de Tajón mezclada con puzolana artificial para conseguir un material hidráulico. Pero su funcionamiento no resultó adecuado, ya que en 1873 hubo que proceder a reparaciones en los cimientos del puente, de nuevo empleando el hormigón como material base<sup>338</sup>. Los ejemplos del uso del hormigón armado en cimentaciones son recurrentes, como en el Puente del Manzanares en Madrid en 1861, la construcción del Puente de Isabel II en Bilbao en 1845, etc.

En las obras de mejora y ampliación del puerto de San Sebastián, realizadas en 1855 bajo las órdenes de Manuel Peironcelly, se empleó el hormigón como material de cimentación de los muelles<sup>339</sup>.

---

<sup>337</sup> “Nota sobre la aplicación del cemento para la conservación de la madera debajo del agua de mar”. Revista de Obras Públicas, Madrid, 1853 nº 5.

<sup>338</sup> GRACIANO GARCÍA, AMPARO: “*La construcción del Puente de Isabel II de Sevilla. Los problemas de cimentación*”. Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción. Madrid 19-21 septiembre 1996.

<sup>339</sup> PEIRONCELY MAROTO, MANUEL: “*Obras del puerto de San Sebastián*”. Revista de Obras Públicas, 1855 nº 6 y 7.

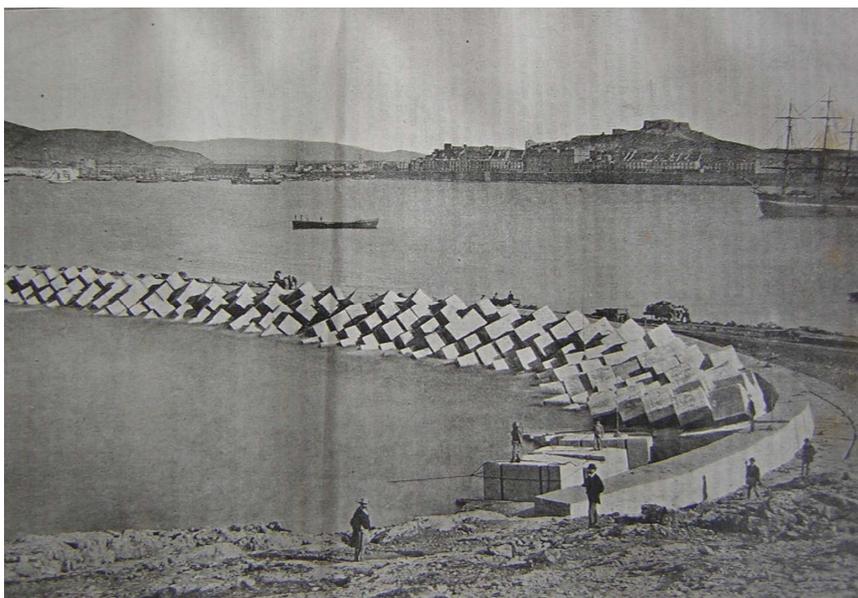
Otros ejemplos contemporáneos de los anteriores se encuentran en las obras portuarias. Es probable que su difusión se deba a que en este tipo de construcción, la búsqueda de un material monolítico similar a los bloques de cantería, impulsara a los técnicos a valorar esta propiedad del hormigón, en la que no es tan primordial la resistencia como el peso propio del material. Además, al ser un material moldeable, facilitaba las operaciones de construcción y colocación en obra, porque era posible situar talleres cercanos en donde se conseguía producir bloques del tamaño y peso adecuados, eliminando así las costosas operaciones de extracción, moldeo y transporte que suponía el obtener la piedra de las canteras. Así, encontramos múltiples ejemplos en las obras portuarias españolas, cuya modernización exhaustiva comenzó a mediados de siglo en los principales puertos, Barcelona, Cartagena, Bilbao, San Sebastián, etc. La implantación en estas obras portuarias también surge por extrapolación de las experiencias europeas que llegaban a nuestro país, fundamentalmente y en este caso, francesas, en donde Mr Vicat había conseguido implantarlo<sup>340</sup>.

En el puerto de Bilbao, bajo las órdenes del Ingeniero de Caminos Félix de Uhagón, se empleó el mortero de Zumaya para las reparaciones del puerto y de su ría en 1852. En 1867 ya se plantea la ejecución de dos diques rompeolas, el de Curra y el de Navidad, en el puerto de Cartagena, por medio de bloques artificiales de hormigón. El empleo en obra se pospuso hasta 1869, momento en el cual las instalaciones auxiliares para la fabricación de los bloques de hormigón de 9 m<sup>3</sup> estuvieron preparadas. En ellas se conseguían producir, por término medio, diez bloques al día, que posteriormente eran conducidos hasta los diques en gabarras o pontonas flotantes y colocadas en obra por medio de una cabria flotante<sup>341</sup>.

---

<sup>340</sup> En 1843 había experimentado con la esclusas de la Rochelle y de la isla de Ré; en los bloques artificiales del puerto de Boyard y la de punta de Grave en la embocadura de la Gironda; en el dique de San Malo y en el puerto de Tolon. UHAGÓN, FÉLIX: “*De los efectos del agua de mar en los morteros y hormigones*”. Revista de Obras Públicas, 1854 nº 5.

<sup>341</sup> RODRÍGUEZ ACEROTE, JOSÉ: “*Obras del puerto de Cartagena*”. Revista de Obras Públicas, 1872 nº 7.



Puerto de Cartagena. Bloques de hormigón en el dique de Curra.

El uso de los bloques ya no supone una novedad en los años 70 del siglo XIX, momento en que estaba de sobra probada y demostrada su aceptación. Es entonces cuando las propuestas se encaminan hacia la búsqueda de mayores rendimientos durante la ejecución. Así, en 1876 se relata “...cada día son más notables los progresos que se hacen en la construcción de obras de puertos con el auxilio de grandes bloques de hormigón. En la actualidad es muy común en la formación de rompeolas, muelles y obras semejantes el empleo de bloques de 20 a 30 toneladas, que por medio de mecanismos convenientes, se transportan y colocan en obra tan pronto y fácilmente como anteriormente los pequeños bloques naturales. La idea de los Ingenieros modernos parece ser el de disminuir el número de operaciones que hay que ejecutar para construir una obra, aumentando la importancia de cada operación.” [39]. Con el nuevo aparato de Mr. Matthews, se consiguieron elevar bloques de hasta 300 toneladas en el puerto de Dublín, cuando el peso medio de los empleados hasta el momento era de entre 30 a 40 toneladas.

El excelente ingeniero de puertos de la época, D. Evaristo Churruca, no se dedicó tan sólo a emplear el hormigón en sus obras, sino que se encargó de documentar los progresos que en la técnica se iban produciendo a lo largo de los años. Interesantes, y no sólo por su contenido en lo que respecta al empleo del hormigón, son sus artículos publicados en la Revista de Obras Públicas relativos a las obras de ampliación y mejora

del puerto de Bilbao<sup>342</sup>. Su periodo al frente de las obras abarca aproximadamente desde 1880 hasta 1905, en los que consigue elevar al puerto de Bilbao, a pesar de las adversas condiciones naturales que presenta, a la categoría de puerto base del norte español. Con hormigón hidráulico efectuará las cimentaciones y los bloques artificiales necesarios, realizando importantes estudios sobre la calidad del cemento base del material, a exigir tanto en la recepción como durante la ejecución.

En las obras de restauración y rehabilitación, también empezaba a ser fecundo el progreso en el empleo de los morteros. Bajo las órdenes de D. Alejandro Millán, Ingeniero de Caminos, se restauró en 1857 el emblemático Puente de Alcántara, en el que una de las bóvedas estaba completamente destruida tras la guerra carlista. En ésta, se rellenaron los numerosos huecos existentes con el cemento de Zumaya, para asegurar su estabilidad<sup>343</sup>. También se hacía indispensable restaurar el arco del triunfo volado por los franceses en la guerra de la independencia, en el que faltaban hasta siete dovelas juntas<sup>344</sup>. Como nota anecdótica comentar que el arco del triunfo se desmontó y reconstruyó con éxito, aunque la actuación fue criticada duramente desde los prensa.

En la reconstrucción del puente de Isabel II en Bilbao, se planteó el empleo del hormigón para las cimentaciones, aunque se desestimó para evitar problemas de asiento. Pero aún así, queda patente, por el mero hecho de plantear este método, el grado de implantación que ya había alcanzado en nuestro país el empleo del hormigón para las cimentaciones<sup>345</sup>. El proyecto determina la realización del puente con sillería, material que no se puede conseguir por situarse los puntos de producción de la misma en el bando carlista al que no se tiene acceso. Por eso, en caso de que los trabajos de

---

<sup>342</sup> CHURRUCA, EVARISTO: “*Proyecto de mejora de la barra y encauzamiento de la mitad inferior de la ría de Bilbao*”. Revista de Obras Públicas, 1880 n° 5; “*Proyecto de puerto exterior en el abra de Bilbao*”. Revista de Obras Públicas, 1888 n° 24; “*Cementos*”. Revista de Obras Públicas, 1896 n° 7; “*Apuntes relativos a los ensayos de recepción que se efectúan con el cemento Pórtland de Boulogne empleado en las obras del puerto de Bilbao*”. Revista de Obras Públicas, 1896 n° 16 y 18.

<sup>343</sup> En “*Obras del puente romano de Alcántara*”. Revista de Obras Públicas, 1857 n° 5.

<sup>344</sup> MARTÍ FONT, VICTOR: “*Puente de Alcántara*”. Revista de Obras Públicas. Madrid, 1858, tomo XII\_02.

<sup>345</sup> IBARREÑA, ADOLFO DE: “*Proyecto de reconstrucción del Puente de Isabel II en Bilbao*”. Revista de Obras Públicas, 1876 n° 21.

ejecución se produjeran aún con la guerra sin finalizar, se preveía la sustitución de la “...sillería de las bóvedas por hormigón tipo Coignet. Esta piedra artificial se ha empleado, y se emplea en grandes construcciones, como lo demuestran el faro de Port-Said, inmenso monolito de 48 metros de altura; el acueducto de la Vanne, de 60 kilómetros de longitud, en donde se han ejecutado muchos arcos de 30 metros de luz; la iglesia del Vesinet, etc.,etc. Dentro de muy poco tiempo vamos á construir el puente de Luchana según aquel sistema, y este ensayo podrá servir de prueba y ejemplo”<sup>346</sup>.

Posteriormente, en 1876, la reconstrucción del puente de Luchana, volado por las fuerzas carlistas durante el sitio de la villa de Bilbao, empleará hormigón de tipo Coignet con cemento portland “a fin de que esta obra sirviera de ensayo e hiciese ver la conveniencia de utilizar este sistema en otras que se hallasen en condiciones análogas”<sup>347</sup>. La reconstrucción consistió en reemplazar el arco antiguo de medio punto, por un arco carpanel de tres centros, por medio de sillares hasta la junta de 30° y hormigón en masa en la parte superior del arco. Su ejecución esmerada y las pruebas de carga posteriores demostraron que el hormigón tipo Coignet constituía un material resistente y monolítico válido para la construcción civil.

Pero las obras más relevantes e impactantes realizadas con hormigón en masa, empleando éste como material estructural, se corresponden a las obras de fábrica de tipo bóveda (incluidos puentes, tajeas, alcantarillas, etc) construidos en la carretera de primer orden de Soria a Logroño bajo la dirección del Ingeniero de Caminos Ricardo Bellsolá en 1866. Este murciano, nacido en 1836, ingresa en la escuela de Caminos en 1855, saliendo titulado en 1859. Tras desempeñar su trabajo en diversas provincias de España (Palencia, Málaga, etc) recabará en Logroño, por deseo propio, para desempeñar desde allí su labor profesional<sup>348</sup>.

---

<sup>346</sup> IBARREÑA, ADOLFO DE: “Proyecto de reconstrucción del Puente de Isabel II en Bilbao”. Revista de Obras Públicas, 1876 nº 21.

<sup>347</sup> LANDA SETIÉN, PASCUAL: “Memoria sobre la reconstrucción del puente de Luchana”. Revista de Obras Públicas 1877 nº 11.

<sup>348</sup> Expediente personal de Ricardo Bellsolá Bayo. Archivo del Ministerio de Fomento. Legajo [6136]

Destacables por su magnitud e innovación en España, dentro de las obras referidas anteriormente, son dos puentes de hormigón en masa, el de Lavalé y el de Lumbreras. El primero está formado por tres arcos escarzanos de 10 m de luz y 2,34 m de flecha; el segundo fue ejecutado por medio de tres arcos carpaneles de tres centros de 10,216 m de luz y 3,92 m de flecha. Ambos fueron ejecutados íntegramente de hormigón en masa, tras un exhaustivo estudio del autor que reflejó en sus artículos de la Revista de Obras Públicas en 1867<sup>349</sup>. Reseñables son las siguientes consideraciones que se extraen de sus artículos:

- Adopción de nuevos materiales: fundamentalmente, el deseo de obtener una economía en la obra, provoca el cambio de materiales cerámicos previstos en proyecto hacia el hormigón. Además, según el autor, el cambio está justificado porque “...este sistema de construcción creo puede llegar a ser sumamente expedito y económico, cuando experimentos repetidos, hechos por personas ilustradas, fijen, ayudados de la teoría, los espesores mínimos para esta clase de bóvedas...”.
- Métodos de cálculo: se concluye que la teoría sobre el hormigón todavía no está desarrollada. Los fundamentos se basan en hipótesis cuyo desarrollo puede llevar a indeterminaciones o a situaciones en las que dichos supuestos iniciales no pueden ser aplicables. Bellsolá realiza un exhaustivo análisis de los mismos, planteando cuestiones que resuelve tras el análisis de grandes obras realizadas en el extranjero. Así, “...las fórmulas de Dejardin y las de otros ingenieros, de cuyos resultados he tomado un término medio, me he servido para el cálculo de los arcos de que me ocupo, aumentando en algunos centímetros sus resultados para atender a la desconfianza que me ofrece el cemento empleado respecto a la igualdad de clase...”[34]. La teoría del hormigón como material estructural todavía no estaba corroborada por la práctica en España. Por ello, Bellsolá reclamó la necesidad de la experimentación con este material, que él no pudo realizar previamente a la construcción por falta de tiempo. Por eso, sus obras se pueden entender como ensayos previos de la futura aplicación del hormigón.

---

<sup>349</sup> Véase: BELLSOLÁ BAYO, RICARDO: “Memoria relativa a los arcos de hormigón hidráulico contruidos en la carretera de primer orden de Soria a Logroño”. Revista de Obras Públicas 1867 nº 2, 3 y 4.

- Composición del hormigón: en aquellas obras, se estudiaban cuidadosamente, la dosificación y características de los elementos que formarían el hormigón. El origen de los materiales (arena, agua ya no salina, piedra machacada y el cemento y su manipulación, se estudiaban previamente mediante ensayos que determinaban las fórmulas de trabajo más adecuadas. Bellsolá recalca reiterativamente la importancia en la ejecución del hormigón, mostrando serias dudas fundadas respecto a su calidad, al ser desempeñado el mismo por personas de escasa formación e inteligencia en la materia.

- Ejecución y puesta en obra: el plan de trabajo, el orden de ejecución y la puesta en obra del hormigón, seguían esquemas meticulosamente trazados. En primer lugar, se situaba la cimbra de madera con el trazado adecuado del trasdós; acto seguido, se confeccionaba el hormigón a pie de obra (abaratamiento de los costes) y se vertía por tramos según el orden establecido; por último, se procedía al descimbramiento tras el periodo necesario que determinarían las condiciones climáticas.



Puente de Lumbreras.

Pero quizás lo más destacable lo constituyen las conclusiones de Bellsolá, mostrando las ventajas e inconvenientes del hormigón, pero abriendo una puerta hacia las futuras construcciones y animando al empleo y experimentación con el mismo: “...*Esta clase*

*de construcción ofrece además una grande economía en tiempo y dinero; pueden hacerse en todas partes... Además, el buen hormigón ó la buena mampostería, aumenta de cohesión y dureza con los años...El único inconveniente que puede ponerse á esta clase de construcción, es el que las cimbras tienen que estar puestas algún tiempo...Éstas son las observaciones que he hecho sobre los arcos de hormigón, que desearía sirviesen para que perdiendo el miedo á este género de obra, se hagan experimentos que, unidos á los resultados de la ciencia, puedan perfeccionar este sistema de construcción, sacando de él las ventajas que no dudo es capaz de proporcionar". [sic]. Es un auténtico tratado inicial sobre el hormigón, que abarca todas las fases de obra (estudio, ejecución y análisis posterior), que servirá de base para la posterior implantación del hormigón como material estructural.*

También merece mención el Cuerpo de Ingenieros Militares de España, que muestran un gran interés por el hormigón armado, aunque la repercusión de sus publicaciones y trabajos será prácticamente nula. Propugnan el empleo del material en las fortificaciones ya en 1867, bajo las órdenes del ingeniero Arroquia, y en acuartelamientos (Mollet en 1877). Arroquia predecía las ventajas grandísimas para las fortificaciones tenía el introducir barrotes o vigas de hierro en el interior de las masas de hormigón<sup>350</sup>. Pero a pesar de la aceptación que muestran hacia el hormigón armado, no llegarán a construir obras destacables con el mismo.

### **2.3.3.3 IMPLANTACIÓN DEL HORMIGÓN ARMADO COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN EN EL SIGLO XX.**

La implantación del hormigón en España constituyó una revolución en la construcción de principios del siglo XX, aunque inicialmente existían ciertas reticencias, dirigidas básicamente al desconocimiento en el comportamiento del material, sus cualidades estéticas, etc. Esto generó un debate documentado en las publicaciones específicas, que se resolvió con el enfrentamiento entre defensores y detractores del material. Los primeros, continuarían ejecutando sus obras que servirían para, con el tiempo, conseguir la aceptación de sus opositores más acérrimos.

---

<sup>350</sup> “Aplicaciones militares del cemento armado”. El Cemento Armado (TOMO III pág 41).

La necesidad de poseer una base científica propia en España para el conocimiento del hormigón armado, obliga a la creación de nuevas instituciones de estudio, inexistentes hasta el momento. De todos es sabido, que durante los siglos XVII, XVIII y prácticamente el XIX, los españoles apenas participaron en el nacimiento de la ciencia moderna, pero ya en el siglo XX, era fundamental y posible el pertenecer al grupo de los países que encabezaban el mundo científico.

El primer centro sistematizado de investigación en construcción fue el Laboratorio de Ingenieros del Ejército, en 1897, aunque el más importante en relación con el trabajo sobre las propiedades y resistencia de materiales, tardaría sólo un año más, tras las reiteradas peticiones realizadas desde el Cuerpo de Ingenieros de Caminos. Era el Laboratorio Central de Ensayo de Materiales de Construcción, ligado a la Escuela Especial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, que se crearía por RD de la Reina María Cristina de Habsburgo en 1898.

Este organismo se encargaría de llevar a cabo investigaciones sobre cualquier faceta de la industria de la construcción, y particularmente, realizar toda clase de ensayos y reconocimientos sobre los materiales de construcción y estructuras, que deberían extrapolarse a la práctica y a las enseñanzas técnicas<sup>351</sup>. Inicialmente, bajo la dirección de Inchaurregui, se realizaban todos los ensayos solicitados, tanto por entidades públicas como privadas, con el fin de realizar “...ensayos de investigación que tan útiles pueden ser para obtener mayor economía en las obras públicas por el mejor conocimiento de los materiales empleados...”<sup>352</sup>. Se había establecido un sistema riguroso de ejecución de ensayos para que éstos resultaran fiables. Posteriormente, y a modo de anecdótico, en 1957 se integró en la estructura administrativa del CEDEX dentro del Ministerio de Fomento.

---

<sup>351</sup> AZORÍN LÓPEZ, VIRTUDES; SÁNCHEZ-MONTERO, YOLANDA; VILLAGRÁ FERNÁNDEZ, CARLOS: “El instituto de la Construcción y el Cemento: de la investigación científica a la innovación tecnológica”. Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción Cádiz 27-29 enero 2005.

<sup>352</sup> MOYA IDÍGORAS, LUIS: “Laboratorio Central para ensayo de materiales de la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos”. Revista de Obras Públicas, 1900 nº 1275.

A partir de este momento surgieron en el entorno de la construcción numerosos laboratorios de ensayos para analizar, fundamentalmente, los materiales empleados en la construcción. La creencia generalizada era que el laboratorio de ensayos era un centro impulsivo de progreso, necesario e indispensable para el adelanto de la ciencia y de la industria. Pero al mismo tiempo se demandaba que éstos colaboraran entre sí, contrastando sus resultados y presentando conclusiones conjuntas, publicitando todas sus investigaciones al mismo tiempo que estandarizaban sus métodos de ensayo. Por ello se proponía la creación de una *Asociación española de ensayo de materiales de construcción*, similar y paralela a la *Asociación internacional para el ensayo de los materiales de construcción* que ya existía, porque “..¿qué inconveniente hay, por lo tanto, en que los directores de esos laboratorios se pongan de acuerdo y se unan con la flor y la nata de los Arquitectos é Ingenieros españoles, y todos juntos celebren sus reuniones periódicas en las que examinen y discutan los resultados que cada cual encuentre en sus experiencias, dando á todo ello la mayor publicidad?”<sup>353</sup>. [sic.]. Pero pese a los intentos, esta idea no llegó a fraguar en la época.

Las patentes tuvieron gran importancia en el desarrollo inicial del hormigón armado por dos causas fundamentales:

- por medio de ellas se empleaban procedimientos constructivos y sistemas de cálculo de las estructuras que la experiencia corroboraba, pero con escaso soporte científico.
- financiaba la prueba-error de un sistema constructivo con escaso soporte teórico, ya que los derechos económicos derivados del empleo de una patente podían suponer aproximadamente el 20% del coste de la obra.

En España, la introducción del hormigón sufrió un retraso de dos décadas respecto a Europa, pero no por ello fue menos intenso. Como indica Ruiz de Azúa “...nuestro país no se ha quedado rezagado en las aplicaciones modernas del hormigón, pues una vez reconocidas sus ventajas va propagándose su empleo, sirviendo de ejemplo los trabajos ya ejecutados...”<sup>354</sup>. Las patentes probadas en otros países, irrumpieron en el panorama

---

<sup>353</sup> “*Los materiales de construcción y los laboratorios de ensayo*”. *La Construcción Moderna* 1903 nº 18.

<sup>354</sup> MARTÍNEZ Y RUIZ DE AZÚA, ENRIQUE: “*Hormigón de cemento armado*”. *Revista de Obras Públicas*, 1901 nº 1362, 1363,1364 y 1365.

nacional con gran fuerza a partir de 1884, año en el que llega a España la patente Monier, y continuaron tímidamente los registros hasta 1900 (en total 21). Aunque fueron relativamente pocas, en este periodo se introdujeron dos de los sistemas patentados que más repercusión tendrían en España: el sistema Monier y el sistema Hennebique.

A partir de 1900 se puede decir que surge una fiebre por patentar, contabilizándose hasta 1914, 138 patentes nuevas. Este periodo de máxima innovación, coincide con la plena implantación del hormigón armado como material constructivo en nuestro país, proliferando las obras y técnicas constructivas que impone el hormigón armado. Se registraron nuevos sistemas de origen extranjero con gran repercusión como el sistema Blanc o el Métal Deployé, pero ya los ingenieros españoles habían adoptado las técnicas, se habían subido al carro de avances europeos, y patentaban sistemas propios de construcción, como es el caso de José Eugenio Ribera. También, aparte de sistemas constructivos, se patentaban nuevos usos para el hormigón en traviesas para ferrocarril, postes, tubos y conducciones, depósitos e incluso tumbas, por medio de prestigiosos ingenieros del momento como son Mauricio Jalvo, Ricardo Martínez Unciti, Juan Manuel Zafra o Gabriel Rebollo y Canales entre otros<sup>355</sup>.

El desarrollo del hormigón armado como una técnica y no como un producto ligado a patentes, se producirá en Europa a finales del siglo XIX y principios del XX. Es entonces cuando para darle entidad científica proliferarán los tratados, manuales y la normativa específica. El hormigón armado deja de ser un producto para convertirse en una técnica. Comienza el declive económico de las patentes.

Por todo ello, podemos concluir, que a principios del siglo XX la ejecución con hormigón armado ya estaba consolidada, y comenzaban a asentarse las bases teóricas del mismo, basados en la experimentación, la racionalidad y las teorías científicas.

---

<sup>355</sup> MARTÍN NIEVA, HELENA: *“La introducción del hormigón armado en España: las primeras patentes registradas en este país”*. Tercer Congreso Nacional de Historia de la Construcción Sevilla 26-28 octubre 2000.

En nuestro país, la década final del siglo XIX supuso la sustitución de las estructuras de hierro por las de este material, en unos pocos años en los que la práctica iba reafirmando las ventajas supuestas a priori del hormigón. Pero no todo fueron éxitos, también se produjeron errores que significaban que todavía era necesario el abordar en profundidad los estudios sobre el conocimiento del material y que también sirvieron de base para ello.

Inicialmente, y más a modo de experimentación que de aplicación práctica, Josep Nicolau ensayó el revestimiento con hormigón de perfiles metálicos viejos en 1891 para construir traviesas prismáticas para ferrocarril, sin obtener repercusión ni continuidad en sus trabajos. En las mismas fechas, concretamente en 1893, el capitán de ingenieros Francesc Maciá que había adquirido los derechos de explotación de la patente Monier, realizaba fuertes inversiones para probar el nuevo material y formar personal especializado para construir con él. Así consigue construir la primera obra conocida de hormigón armado, un depósito de agua de 1.000 m<sup>3</sup> en Puigvert (Lérida).



Depósito Puigvert

El gran impulsor de este material en el panorama español fue José Eugenio Ribera. Tras su viaje a Ginebra en 1895 donde presencié la construcción de los arcos articulados de hormigón armado del puente de Coulovreniere y las obras de los forjados del nuevo edificio de Correos de Lausana, decidió convertirse en el concesionario del sistema Hennebique en España: *“Confieso el asombro que me produjo esta clase de*

*construcciones que rompía con todas las tradiciones, más o menos anticuadas, con que suelen armamentarnos en nuestras escuelas; pero el examen de los planos y el estudio de los folletos que pedí empezaron a hacer mella en mi espíritu, casi exclusivamente familiarizado con las obras metálicas a las que me dedicaba, por aquél entonces, mi principal preferencia. El propio Hennebique, inventor del sistema, me hizo una visita y me sedujo en verdad el convencimiento con que me expuso las teorías del sistema y los resultados de su aplicación”<sup>356</sup>.*

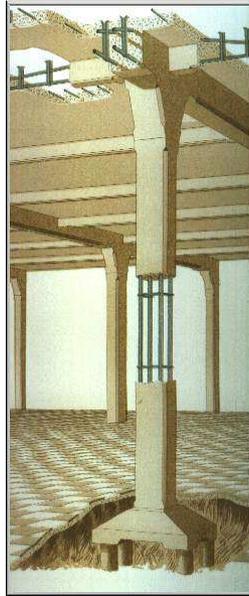
Ribera comenzó su camino con el hormigón armado en España como representante de la patente Hennebique, ejecutando obras experimentales. En primer lugar, procedió a la sustitución del tablero de madera del puente de Ciaño en Asturias por uno de hormigón armado. Lo ejecutará con cemento portland Boulonnais en 1897 siguiendo las disposiciones del sistema Hennebique.

Para dejar constancia del buen funcionamiento del material y difundir sus cualidades, se publicaba en las revistas los ensayos y pruebas realizadas. Ribera se encargó desde el principio de alabar las bonanzas del material, presentando en la ROP las “Experiencias de rotura de un piso de hormigón armado sistema Hennebique, en Febrero de 1898”<sup>357</sup>. Se correspondía con los forjados proyectados y aún no construidos, de la cárcel del Oviedo de 3,50\*2,60 m de dimensiones superficiales.

---

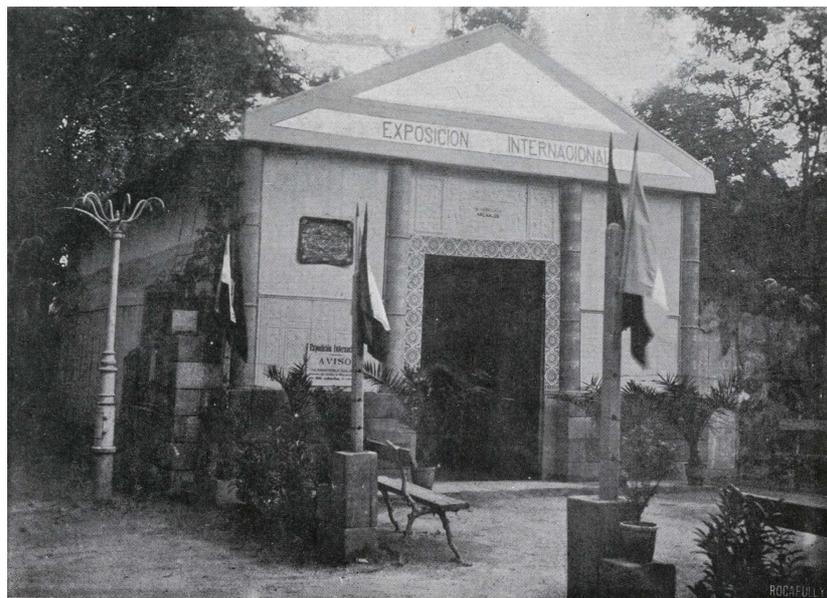
<sup>356</sup> “D. J. Eugenio Ribera”. El Cemento Armado (TOMO I pág 177).

<sup>357</sup> RIBERA DUTASTA, JOSÉ EUGENIO: “El hormigón armado”. Revista de Obras Públicas 1898 nº1188.



Sistema Hennebique

Después de estas gratificantes y resolutivas experiencias, no cabe duda que el hormigón armado cumplía con las características exigibles a todo material estructural, por lo que prodigarán las nuevas construcciones en hormigón armado. En 1903 se celebró en los Jardines del Buen Retiro en Madrid, la “Exposición internacional y universal”, donde las construcciones de cemento armado despertaron gran interés. En España ya se había implantado el hormigón armado<sup>358</sup>.



Pabellón de cemento armado sistema Unciti. Exposición Internacional de Madrid 1903.

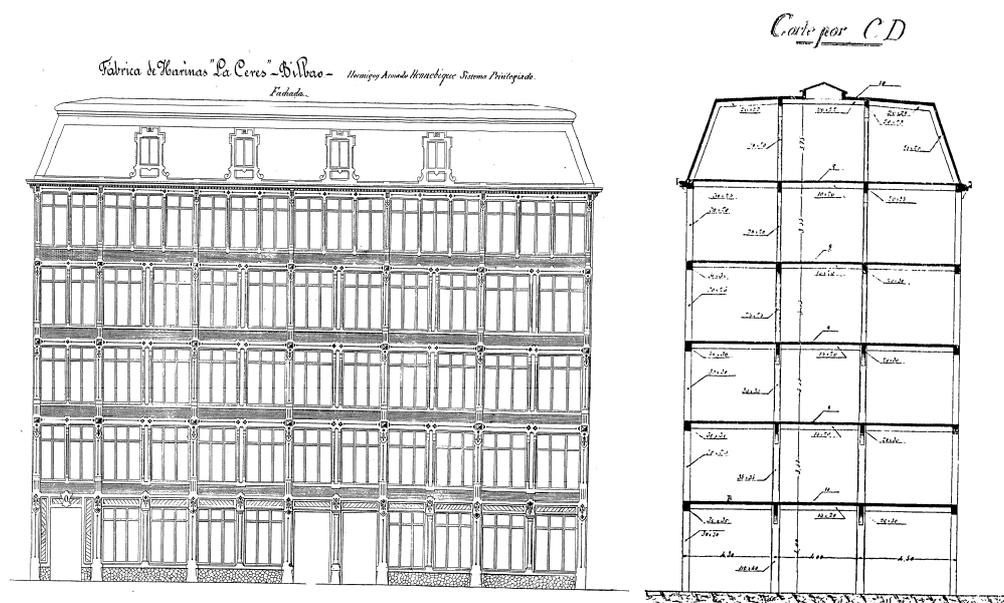
<sup>358</sup> “Exposición internacional y universal de 1903, en Madrid”. El Cemento Armado (TOMO III pág 82).

Las primeras construcciones íntegramente de hormigón armado se corresponden con la edificación industrial. El nuevo material presentaba la ventaja tan publicitada, de incombustibilidad ante el fuego, por lo que constituía un material más atractivo que el hierro o la madera. La rapidez de ejecución que suponía el contar con un sistema constructivo sencillo definido a priori, así como la economía conseguida en las obras, provocaron la generalización en este tipo de edificaciones. Además, las vibraciones y trepidaciones tan temibles en la edificación industrial, que comprometían tanto la estabilidad de los mismos como el desgaste de la maquinaria en detrimento de la producción, eran soportadas estoicamente en las construcciones de hormigón armado, sin merma en la edificación. Cementeras, papeleras o harineras encontraban en la fábrica de pisos la mejor respuesta para su proceso industrial.

En Bilbao, entre 1899 y 1900 en un plazo de siete meses, se construye la fábrica de harinas “La Ceres”, primera instalación industrial de hormigón armado, bajo la dirección de Ramón Grotta y Palacios. Este ingeniero, a pesar de su juventud y corta experiencia (finaliza los estudios en 1892), adopta y asimila las nuevas técnicas de hormigón armado para sus proyectos<sup>359</sup>.

---

<sup>359</sup> “La Ceres” contaba con cinco plantas y fue ejecutada según el sistema patentado de Hennebique para vigas, pilares y forjados, con cemento tipo Vicat francés. El sistema estructural estaba formado por vigas de 0,15x0,30 m sobre las que cargaban viguetas de 0,15x0,20 m, con armados diferentes en función de la planta donde se dispusieran (mayor armadura en las de las plantas inferiores). Los forjados que descansaban sobre las viguetas contaban con un espesor de 0,10 m, y todo el piso era sostenido por pilares cuyas luces entre pilares variaban entre 4,10 y 4,60 m y con dimensiones variables a lo largo del edificio. La estructura estaba calculada para soportar cargas de 400, 500, 750 y 900 kg/m<sup>2</sup> según las plantas, las necesarias para soportar tanto el peso propio de la estructura como la sobrecarga producida por la maquinaria que albergaría el edificio. Las pruebas de carga a las que fue sometida la estructura demostraron la eficacia del sistema, sin que se produjeran trepidaciones por el movimiento de la maquinaria, “...claro que es lógico que así sea, si se tiene en cuenta que en una construcción de hormigón armado, sistema Hennebique, no hay roblones ni pernos que se aflojen, y que las uniones de las piezas son perfectamente indeformables, dentro de la gran elasticidad del hormigón . La fábrica poseía una simplicidad en la composición identificativa de los edificios netamente industriales, con una escasa ornamentación y pureza en las líneas. REBOLLO CANALES, GABRIEL: “Construcciones de hormigón armado sistema Hennebique. Fábrica de harinas ‘La Ceres’. Bilbao”. Revista de Obras Públicas 1901 nº 1343.



Alzado y sección transversal de la fábrica “La Ceres”.

A partir de este momento se construyeron diversas edificaciones industriales con este material, cuyo uso ya se había generalizado<sup>360</sup>.

En España también se experimentaba con nuevos usos o aplicaciones en las que podía ser efectivo el hormigón armado. Las traviesas para ferrocarril era uno de ellos<sup>361</sup> pero no serán las únicas: pozos de registro en obras de saneamiento, cercas, postes, etc.

<sup>360</sup> Las siguientes construcciones industriales realizadas con hormigón armado son:

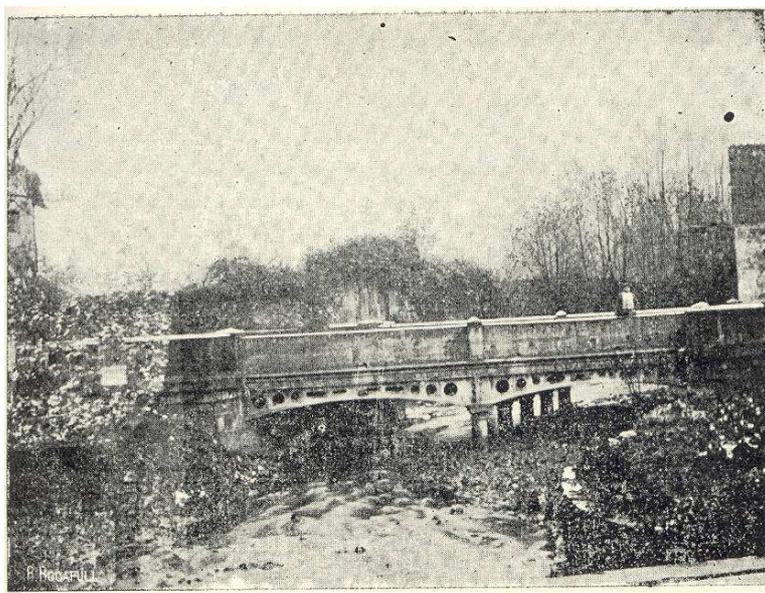
- Ribera construyó simultáneamente a La Ceres, una harinera en Badajoz para los empresarios Viuda e Hijos de Ayala. Estaba formado por un edificio de tres plantas de hormigón armado incluso el entramado exterior y terraza que se empleaba como aljibe, calculado para soportar una carga total de 1.500 kg/m<sup>2</sup>
- La fábrica de cemento Portland de Tudela-Veguín, la primera industria cementera en España, se construyó íntegramente en hormigón armado. Sus pilares, forjados y depósitos, proyectados por Ribera según patente Hennebique, servirían para probar la adaptabilidad y resistencia del nuevo material. En RIBERA DUTASTA, JOSÉ EUGENIO: “*Fábricas de cemento armado*”. El Cemento Armado (TOMO I pág 375).
- En Madrid, en 1900, se construyeron con hormigón armado los forjados de la fábrica de Electricidad de Chamberí en la calle Palafox, primera obra de este material en la capital española ROSELL, JAUME; CÁRCAMO, JOAQUÍN: “*Los orígenes del hormigón armado y su introducción en Bizkaia. La fábrica Ceres de Bilbao*”. CEHOPU, XI 3997.

<sup>361</sup> En 1901, en el Muelle de Maliaño, Unciti emplea estos elementos, formándolos por medio de cuatro barras longitudinales, con las correspondientes armaduras transversales y triangulaciones, envueltas en

### **2.3.3.4 PUENTES DE HORMIGÓN ARMADO EN ESPAÑA.**

Dentro de las obras de ingeniería civil, los puentes serán los que mejor reflejen la implantación del hormigón armado. Serán las primeras obras que lo adopten como material de construcción, y en ello se reflejará la evolución del hormigón a través de los distintos tipos que van adoptando los puentes, desde los puentes de tramo rectos de vigas de pequeñas luces iniciales hasta los puentes arco de grandes vanos, articulados, empotrados, etc.

Como se ha comentado anteriormente, la primera incursión con este material en los puentes se produce en el puente de Ciaño, en la carretera de Oviedo a Campo Caso en 1898. En él se procedió a la sustitución del tablero de madera que se encontraba podrido por uno de hormigón armado, a propuesta de J. E. Ribera. Según el propio Ribera fue *“la primera obra de esta clase ejecutada en España”*.



Puente de Ciaño

---

hormigón. La unión entre carril y traviesa se hacía mediante escarpas que se clavaban a tacos de madera incrustados en el hormigón. En la misma línea, D. Valentín Zubizarreta solicita patente en 1901 para traviesas compuestas de hormigón de portland y armadura de hierros planos, dirigidos en sentido de la longitud y diagonalmente. En UNCITI: *“Traviesas de cemento armado para vías férreas”*. El Cemento Armado (TOMO III pág 35).

A finales de siglo, Ribera ya se había convencido de las propiedades del hormigón armado, y por eso se mostraba partidario de emplearlo en todas las construcciones que proyectaba, fundamentalmente en los puentes. Es meritorio el riesgo y atrevimiento que muestra en sus actuaciones, pues sin base teórica que las justifiquen se propone en cada una de ellas innovar y batir récords a nivel mundial. Tal es el caso del proyecto del puente de las Sosgadas sobre el río Nalón, en la carretera de Oviedo a Soto del Barco. El puente era de tipo arco de 50m de luz, rebajado al 1 por 10, con espesores en la bóveda que no excedían en ningún punto 1,40m. Los tímpanos estaban aligerados transversalmente, *“y el aspecto general del puente es elegante y de gran ligereza, merced á las articulaciones en la clave y arranques que se han dispuesto”*<sup>362</sup>. [sic.]. A pesar de las dimensiones extraordinarias para la época, el puente resultaba muy económico. Era el de mayor luz proyectado en España en hormigón en masa y articulado, y se había basado para ello en los puentes de Munderginken (1893) e Inzigkofen (1895) ejecutados por Hennebique<sup>363</sup>. Sin embargo, este puente no llegó a construirse, y en su lugar se ejecutó uno con estructura metálica.

En las aplicaciones iniciales de Ribera en los puentes, existía ya una diferenciación respecto al tipo en función de las luces a salvar. Como bien explica, la disposición en arco *“no es económica sino á partir de 16 metros de luz. Para luces menores es casi siempre preferible emplear tramos rectos, que si bien necesitan algo más de material, tienen en cambio una mano de obra más económica; y sobre todo, permiten utilizar como estribos unos simples muros de mampostería.*

*En varios casos hemos aplicado esta disposición para sustituir tramos de madera, y no ha sido preciso reforzar en lo más mínimo los estribos viejos. A pesar de la ventaja de su duración, ofrecen estos tramos una economía que oscila entre 20 y 60 por 100 sobre el coste de tramos metálicos de igual resistencia”*<sup>364</sup>. [sic.]

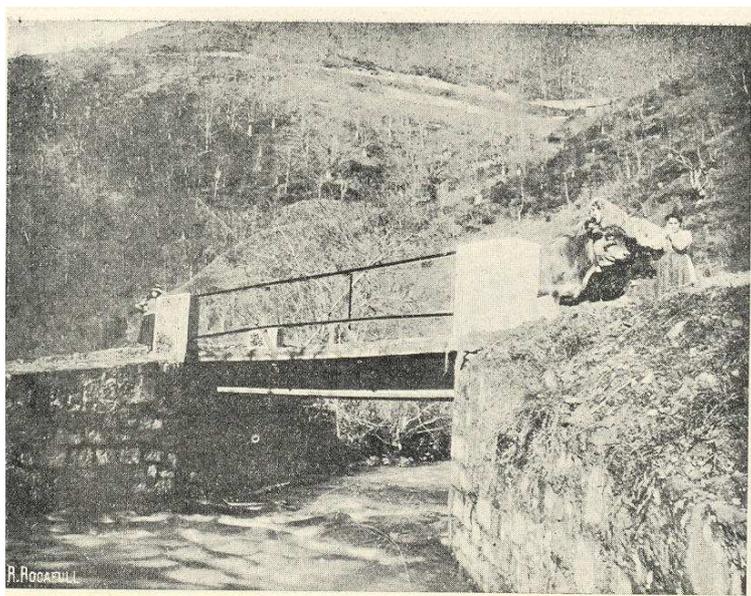
---

<sup>362</sup> “Noticias. Provincia de Oviedo”. Revista de Obras Públicas, 1898 nº 1206.

<sup>363</sup> RIBERA DUTASTA, JOSÉ EUGENIO: “Puente de 50m de luz de hormigón articulado en Las Sosgadas (Asturias)”. Revista de Obras Públicas. 1901 nº 1335.

<sup>364</sup> RIBERA DUTASTA, JOSÉ EUGENIO: “Puentes de hormigón armado”. Revista de Obras Públicas 1903 nº 1432.

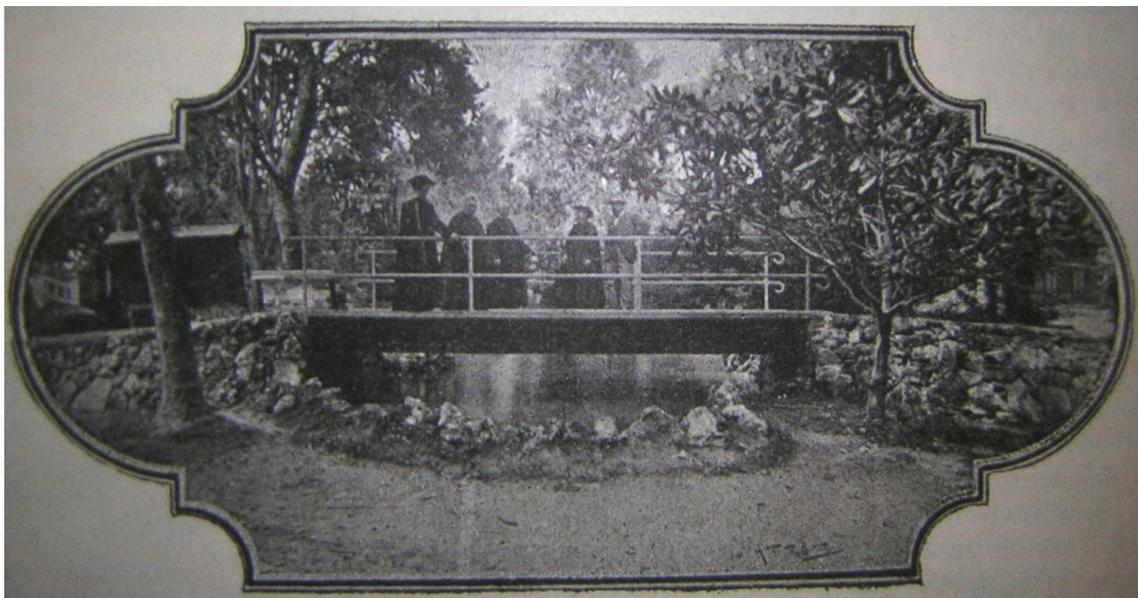
En 1900, Ribera había finalizado la construcción de tres puentes de hormigón armado en la carretera de Sama hasta Santa Rosa, en Mieres. Sustituían a tres pontones de madera ya existentes. Dos de ellos, el del río Turbio y el de Vegadotos, eran de tramo recto con 6 metros de luz. El tercero era un pontón sobre la aldea de Santa Rosa sobre el arroyo del Casar.



Puente de Vegadotos

En época simultánea, Ribera proyectó un puente de hormigón armado sistema Hennebique para mostrarlo en la Exposición Regional de Gijón de 1899. Dicho puente era un modelo para emplear en caminos vecinales y tenía 6 metros de luz y 3 metros de ancho, calculado para resistir el peso de carros de 5 toneladas y una sobrecarga de 300 kilos por metro cuadrado. Sobre el mismo se publicó lo siguiente: *“Sorprende la nueva forma de esta obra que rompe con todos los estilos conocidos hasta el día, y que resulta en extremo elegante y esbelta. La obra consiste en un entramado de hierros redondos con estribos de flejes, entramado que queda envuelto dentro de una camisa de hormigón formada con guijo, arena y cemento Portland, que se moldea en obra y á la que puede darse forma y ornamentación que se quiera. Las inapreciables ventajas que este sistema ofrece son: su duración eterna, la incombustibilidad y economía....No cabe, pues, dudar que en las construcciones del porvenir, será este el procedimiento*

*que habrá de emplearse, procedimiento por cuya iniciativa es merecedor de sincera felicitación el señor Ribera.”*<sup>365</sup> [110]. [sic.]



Proyecto del puente de hormigón armado (sistema Hennebique)  
para la Exposición Regional de Gijón de 1899

Aunque Ribera era partidario de emplear la patente Hennebique, no dudaba en emplear otras patentes cuando ofrecían mayores ventajas, sobre todo económicas. Y de nuevo en Mieres en 1900, donde estaba destinado como Ingeniero del Estado, construyó el puente del río Miñera de 6 metros de luz, en la carretera de La Peña a San Tirso y un pontón de dos metros de luz en la carretera municipal de Pereda a Baiña, en hormigón armado pero empleando la patente Monier. En 1901 proyecta un nuevo puente de hormigón armado sistema Hennebique sobre el río Caudal en Mieres, formado por dos arcos de 53,50 metros de luz cada uno con flechas de 5,98 metros y 6,80 metros. Contaba con un ancho de 8 metros entre pretilas de los que 5,50 metros correspondían a la calzada y 1,25 metros a cada uno de los andenes. Presentaba un aspecto de ligereza y elegancia, a parte de una gran economía. El tablero estaba formado por un forjado de 20 cm de espesor, sostenido por un emparillado de vigas y viguetas. A su vez, éstas se apoyaban en pilares que transmitían a los cuatro arcos las cargas superiores. Sin embargo, este puente nunca llegaría a construirse.

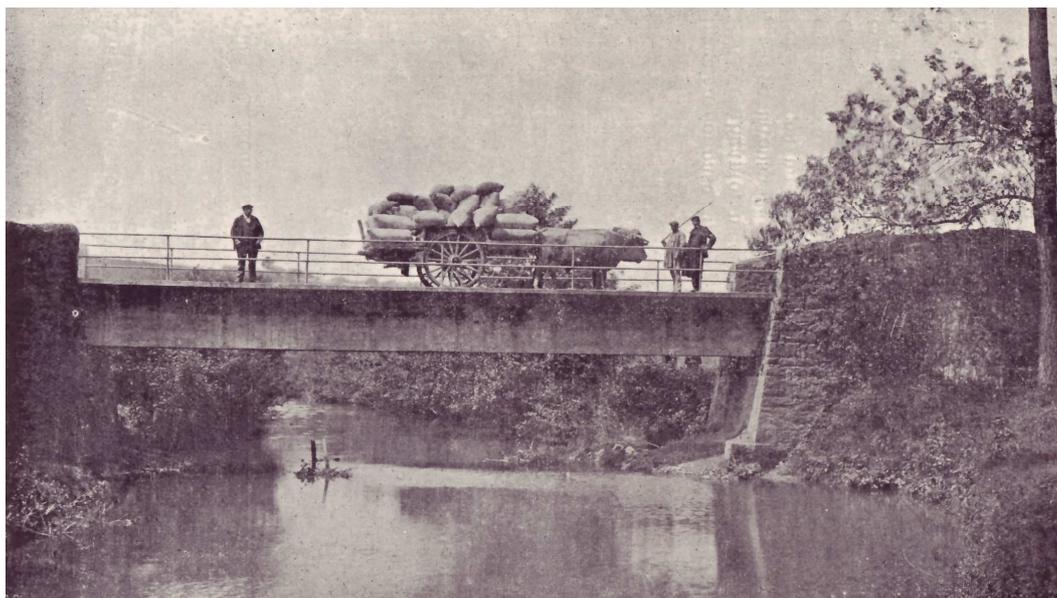
<sup>365</sup> “Un puente de hormigón armado”. Revista de Obras Públicas 1899 nº 1262.

En 1901 se construye el paso superior de los Prados en el km 407,037 de la línea de ferrocarril de Albacete a Cartagena, en las inmediaciones de Cieza (Murcia), para la compañía MZA. Sustituía a un puente de madera muy deteriorado. Se ejecutó en un solo tramo de 6 metros de luz, con la configuración habitual del sistema Hennebique: tablero de espesor 10 cm sobre cuatro vigas de 10x30 cm. El plazo de ejecución fue de 15 días, otra más de las cualidades, la reducción de plazo, que provocarían la extensión del nuevo material. Además, debido al éxito obtenido en las pruebas de carga, supuso el ejemplo de aplicación para otros muchos puentes y pasos superiores en la misma línea, como el de Hellín en Albacete, el del km 343,072 , etc.



Paso superior de los Prados, Cieza

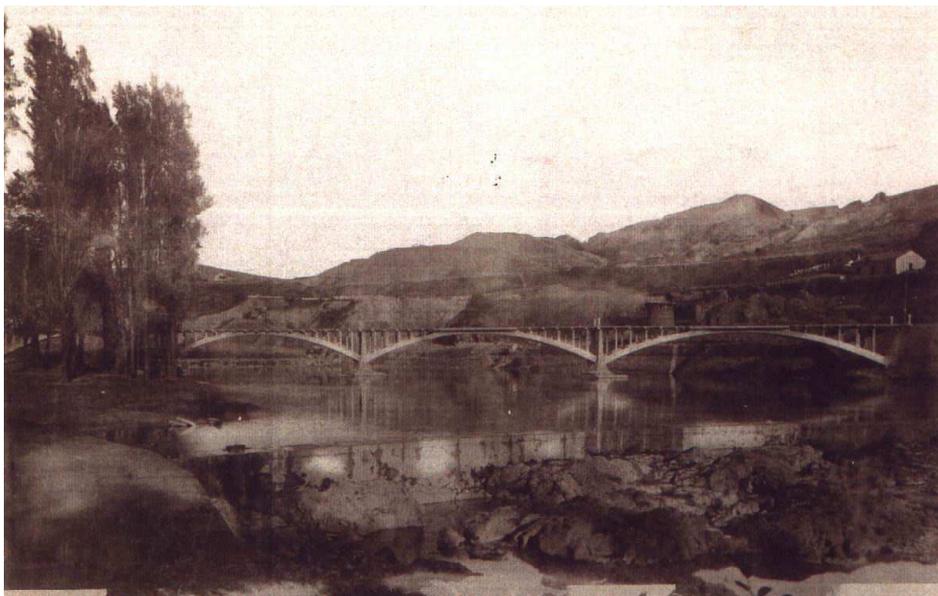
La intensa actividad del incansable Ribera provoca que en el mismo año sea capaz de proyectar y ejecutar obras en puntos alejados del territorio español. En 1901 construye el puente de la Fandería, en la villa de Rentería (Guipúzcoa) en un camino vecinal que conduce al pueblo de Lecumberri. Sustituía a un tramo de madera muy deteriorado. Constaba de un solo tramo de 14 m de luz, un ancho total de 3,20 metros y se mantenían los estribos de mampostería anteriores. El tablero estaba formado por un forjado de espesor 12 cm en el centro y 8 cm en los bordes apoyado en tres vigas de 1 metro de altura. La ejecución se realizó en un mes y las pruebas de carga fueron satisfactorias.



Puente de la Fandería.

Enrique Martínez y Ruiz de Azúa en 1901, tras visitar las obras de Hennebique en Europa, realiza dos anteproyectos de puentes para la carretera de segundo orden de Cádiz a Málaga en hormigón armado. El primero de ellos era el puente sobre el río Guadarranque formado por siete arcos rebajados de 22m de luz. Para el segundo, que debía salvar el caño de Zurraque, adoptó una disposición en tramos rectos de 14 m de luz.

Gabriel Rebollo como concesionario de Hennebique, proyecta y construye en 1901, en pocos meses y en pleno invierno cantábrico, un puente oblicuo de 180 m de longitud sobre el río Nervión en la Peña (Arrigorriaga/Bilbao) para la empresa Sociedad de tranvías eléctricos Bilbao a Durango. El puente estaba formado por cuatro arcos centrales de 35 m de luz y dos extremos, curvos, de 19,50 m. Lo destacable del mismo es que se ejecutó sin haberse redactado un proyecto previo.

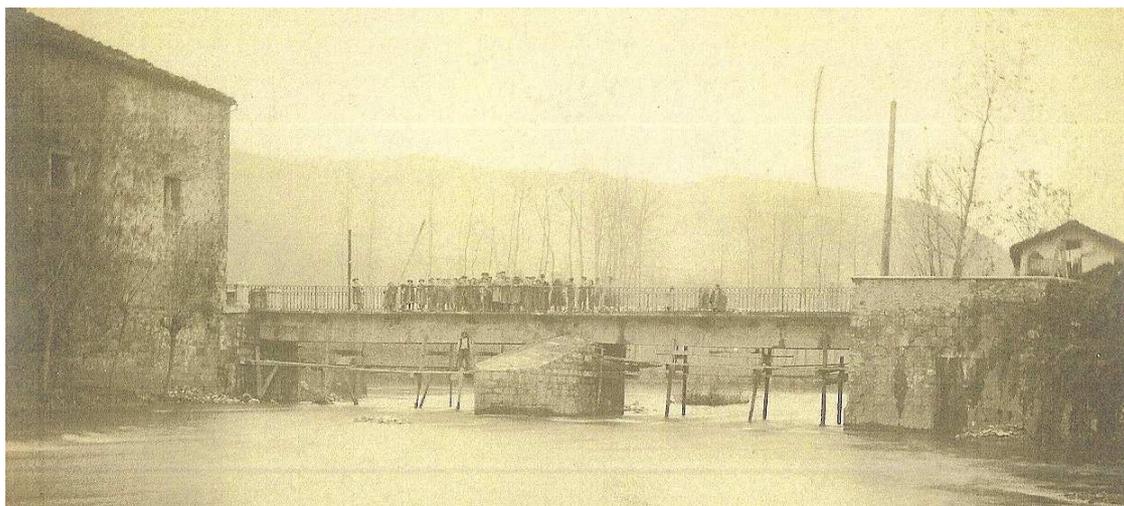


Puente de la Peña sobre el Nervión.



Puente de la Peña sobre el río Nervión.

Otro de los representantes de Hennebique, Miguel Salaverría, también difundirá este sistema en el norte español, principalmente a través de la construcción de puentes. Así, en 1901 construye un puente de tramo recto de 5,5 metros de luz para la fábrica Rezola en San Sebastián,



Puente de Andoain (Guipúzcoa).

También en 1902 Manuel Diz Bercedóniz proyectó el nuevo Viaducto de Villafranca del Bierzo, en la carretera de Madrid a La Coruña, cuya ejecución no finalizaría hasta 1908. Como comenta el autor “...para ejecutar estas obras, no hemos dudado ni un momento en adoptar el hormigón armado...sistema Ribera...”<sup>366</sup>. Estaba formado por 17 tramos rectos de 6 metros de luz con una longitud total de 114,41 metros, apoyados sobre palizadas de hormigón armado de altura variable desde 4,30 al pie del estribo hasta 6,95 metros. Cada tramo tenía 5 vigas sobre las que se extendía el forjado de 0,15 metros de espesor<sup>367</sup>. El resultado fue ampliamente acogido por los Ingenieros, que escriben que “...en muchas obras de esta provincia pensamos emplear este mismo sistema, y hemos de obtener, sin duda alguna, tan buenos resultados como en el caso presente. No vacilamos en proponerle como solución general en la mayor parte de los casos, en la seguridad de que han de obtenerse notables economías...”<sup>368</sup>.

---

<sup>366</sup> DIZ BERCEDÓNIZ, MANUEL: “Aplicaciones de hormigón armado”. Revista de Obras Públicas 1902.

<sup>367</sup> RIBERA DUTASTA, JOSÉ EUGENIO: “Puentes de hormigón armado”. Revista de Obras Públicas 1903 nº 1432.

<sup>368</sup> DIZ BERCEDÓNIZ, MANUEL: “Aplicaciones de hormigón armado”. Revista de Obras Públicas 1902.

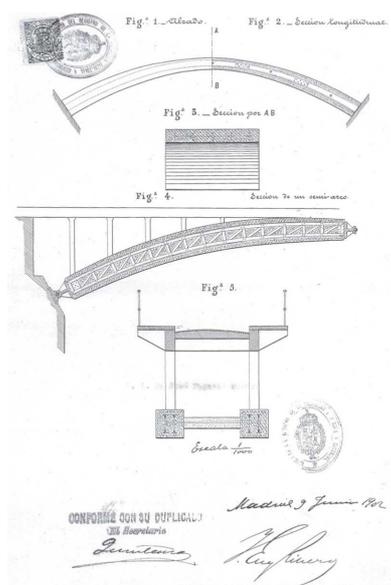


Viaducto de Villafranca del Bierzo.

Ribera importó el sistema constructivo patentado por Melan para los puentes de tipo arco de grandes luces. Consistía en disponer como armadura perfiles laminados en doble T, en lugar de los redondos habituales, sobre los que se colgaba el encofrado. Así se conseguía una notable economía evitando grandes cimbras. Ribera publicitaba el sistema, que patentó en 1902, definiéndolo del siguiente modo: “...*Consiste en constituir la armadura metálica de las bóvedas por vigas en doble T, sencillas o armadas, que tengan por sí solas resistencia y solidaridad suficiente para sostener el peso muerto del hormigón en que han de envolverse. El hormigón entonces, una vez fraguado, tendrá que resistir a los esfuerzos producidos por el peso muerto del tablero y el de las sobrecargas. Como las armaduras metálicas así constituidas resultan de muy poco peso, su montaje sólo requiere la instalación de un andamio muy ligero. Una vez montadas estas cerchas o armaduras metálicas, fácil es suspender de ellas los moldes corredizos que han de servir para verter el hormigón, y esta misma operación resulta entonces muy económica, puesto que no es necesario preocuparse de la situación de los hierros, ni sostener éstos durante el apisonado.*”<sup>369</sup>

---

<sup>369</sup> BERNABEU LARENA, JORGE: “*Precedentes históricos de colaboración entre acero y hormigón en la construcción de puentes*”. Art. Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Cádiz 27-29 enero 2005.



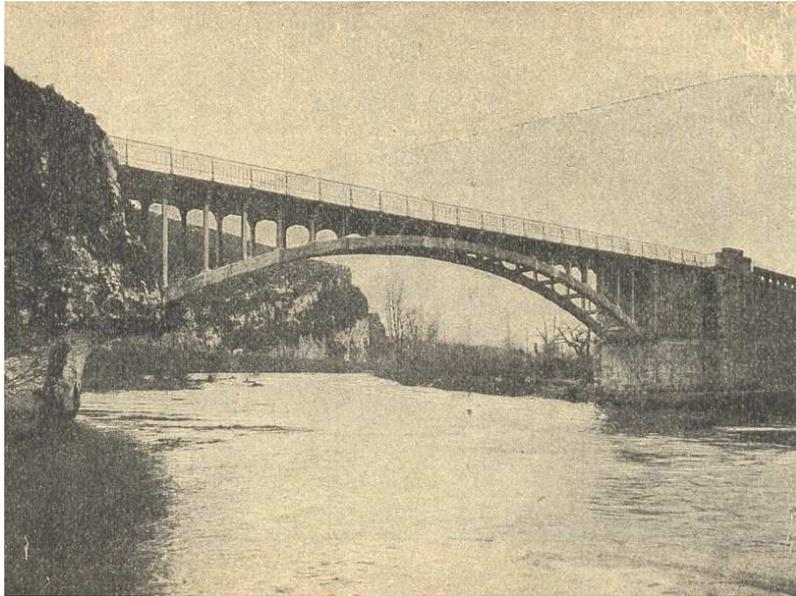
Patente de Ribera para puentes sin cimbra

El primer puente que ejecutó con este sistema fue el de Golbardo sobre el río Saja, en el tramo de ferrocarril entre Santander y Cabezón de la Sal, entre los años 1902 y 1903. El puente estaba formado por dos arcos circulares de 30 metros de luz con una flecha de 4 metros. Los arcos tenían una sección de 0,50\*0,50 metros, y cada uno de ellos llevaba dos viguetas en doble T a las que se había dado la curvatura correspondiente por medio de su calentamiento. En este caso no se articularon ni los arcos en la clave ni en los arranques, por ser su luz relativamente pequeña. Sobre los arcos se empotraron los pilares que sostenían el tablero. Tanto los arcos como los pilares se arriostraron por medio de viguetas. El plazo fue reducido debido a la supresión de andamios no necesarios con el nuevo sistema<sup>370</sup>. El mismo tipo se emplearía en 1903 en la sustitución del puente de Ganzo en Santander, en la carretera de Torrelavega a Oviedo, hasta el momento formado por un tramo provisional de madera. Se ejecutó un arco de hormigón armado de 17,40 metros de luz con el tablero superior apoyado mediante pilares sobre arcos gemelos<sup>371</sup>. Los dos puentes habían resultado económicos y de construcción sencilla, sin embargo al ser puentes muy livianos y aunque los arcos gemelos estuvieran arriostrados, no presentaban la suficiente rigidez, lo que se traducía en una movilidad

<sup>370</sup> RIBERA DUTASTA, JOSÉ EUGENIO: “Puentes de hormigón armado”. Revista de Obras Públicas 1903 nº 1432.

<sup>371</sup> GOMENDIO, MANUEL DE: “Puentes de hormigón armado. Pruebas de los puentes de Golbardo y Ganzo”. Revista de Obras Públicas 1903 nº 1474.

excesiva al paso de grandes cargas. Por eso Ribera aconsejó a partir de entonces el empleo de este tipo sólo para carreteras de poco tránsito.



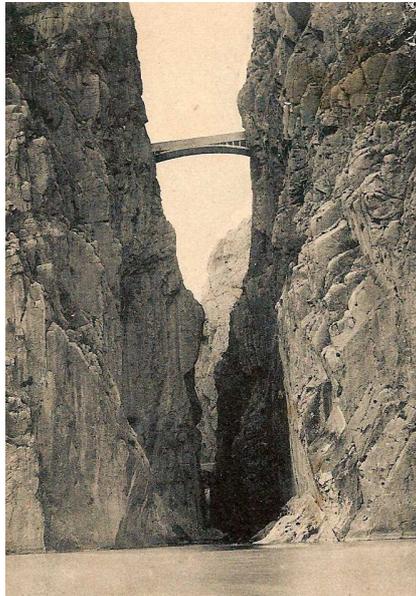
Puente de Golbardo (Santander)



Plano del puente de Ganzo (Santander)

Para solventar este defecto, en sus proyectos siguientes sustituiría los arcos gemelos por una única bóveda, construida con armaduras rígidas de perfiles metálicos. Mantendría el tablero superior, pero apoyado en tabiques transversales sobre las bóvedas, en lugar de los pilares anteriores. Entre 1903 y 1904 pondría a prueba esta nueva configuración en dos de sus obras más representativas. En 1904 construye el acueducto de El Chorro para la central hidroeléctrica del mismo nombre, en Málaga. Era un puente acueducto que

salvaba 33 m. La dificultad que se presentaba era constructiva, al estar situado a una altura de 100 m. Ribera empleó su nuevo sistema y consiguió ejecutarlo en un plazo de tres meses.



Puente acueducto de El Chorro.

A finales de 1903, Unciti terminaría una de sus obras más destacadas, un puente sobre el río Henares en Torrejón de Ardoz (Madrid). Era un arco rebajado de 25 metros de luz, cuya estructura simplificó “*suprimiendo los largueros (el forjado hace su papes) y las cruces de San Andrés que en una viga metálica serían precisas para arriostrar los traveseros, arcos y pilares que sostienen el tablero*”.



Puente sobre el río Henares en Torrejón de Ardoz.

La otra obra significativa de Ribera fue la construcción del puente monumental de María Cristina en San Sebastián. Su adjudicación en 1903 fue debida a la impresionante ornamentación diseñada por el arquitecto Julio Martínez Zapata, condición exigida desde el Ayuntamiento para que este pudiera ejecutarse en hormigón armado. La longitud total del puente era de 88 m, divididos en tres arcos de 24 m de luz. Cada uno de los arcos estaba formado por una bóveda escarzana de hormigón en masa de todo el ancho del puente, con un espesor de 0,60 m en la clave y 0,70 m en los arranques. La armadura de las bóvedas eran vigas metálicas de doble T, dispuestas según la patente Ribera. Sobre las bóvedas se apoyaron tabiques longitudinales de 0,20 m de espesor espaciados 1,50 m, y que servían de base al tablero de 0,15 m. Además, fue el primer puente cuya cimentación se realizó a base de pilotes de hormigón armado. El plazo total de ejecución, promesa tajante de Ribera, fue de tan solo seis meses.



Puente de María Cristina (San Sebastián).

Zafra, aunque participó poco en la construcción directa de proyectos, entorno a unos diez años antes de convertirse en profesor de la Escuela de Caminos de Madrid, también ejecutó puentes dignos de ser mencionados, por su belleza, simplicidad y acierto. En 1905 para la explotación del rico yacimiento de hierro de Cala, en la provincia de Huelva, construyó una línea de ferrocarril para el embarcadero de San Juan de Aznalfarache. Su proyecto comprendía un viaducto de 127m de longitud, un terraplén intermedio en curva, de 86m, un segundo viaducto de 72m y el embarcadero propiamente dicho. Ambos viaductos tenían dos tableros paralelos situados a distinta

altura. Todos sus tramos eran rectos de 9m de luz, y se apoyaban sobre pilares de sección rectangular, los cuales descansaban a su vez sobre zapatas de hormigón sin armar. El embarcadero, la parte más importante y la más difícil de construcción, estaba constituido por catorce pilares, algunos de una altura de hasta 27m, sólidamente ligados por dos planos de arriostramiento y por dos fuertes pisos con nervaduras. Tenía una cimentación profunda, a base de pilotes de hormigón armado hincados con martinete de maza e inyección auxiliar de agua a fuerte presión<sup>372</sup>.



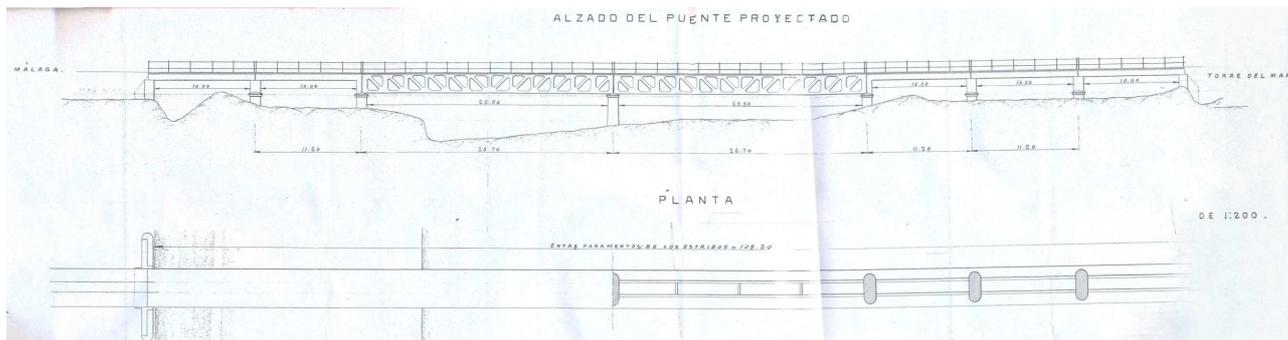
Embarcadero de las Minas de Cala en San Juan de Aznalfarache.

Zafra sería también el encargado de realizar todas las obras de fábrica en el trayecto de ferrocarril que unía Málaga con Torre del Mar y Vélez Málaga, para la Compañía de Ferrocarriles Suburbanos de Málaga. Calcularía hasta ocho puentes formados por tramos de siete, ocho y diez metros de luz. Zafra ideó una solución polivalente de tramos rectos con sección transversal en forma de pi, con armaduras diferentes según la luz a salvar. Esta sección estaba estudiada para que se encofrara de forma rápida y sencilla con chapas de uso corriente que pudieran ser posteriormente aprovechadas en otras obras. La construcción más importante de la línea, el puente sobre el río Vélez junto a Torre del Mar, incorpora varios de estos tramos rectos en el acceso desde sus dos márgenes. Pero los tramos centrales Zafra los resolvió con vigas trianguladas. Con

---

<sup>372</sup> ZAFRA, JUAN MANUEL DE: “Embarcadero de hormigón armado en el Guadalquivir”. Revista de Obras Públicas 1905 n° 1571.

sus dos tramos rectos de 26 metros, este puente fue en el momento de su construcción, en 1908, record mundial de luz de este tipo.



Alzado del puente de Vélez.



Puente sobre el río Vélez, en Torre del Mar.

La celosía metálica de los cuchillos se formaba con platabandas longitudinales en las cabezas superior e inferior, perfiles en doble T como montantes y en las diagonales barras unidas a las cabezas con pasadores. Para asegurar su trabazón con el hormigón que envolvía todo el conjunto se dispusieron ligaduras transversales de alambre contorneando las piezas metálicas. Transversalmente, el puente se rigidizaba, además de con el tablero, con riostras uniendo las cabezas inferiores en los pies de los montantes impares. A pesar de las suspicacias que todavía levantaba el uso del hormigón armado, los puentes tuvieron un comportamiento magnífico, quedando la Compañía tan satisfecha que adoptaría la misma solución para sus siguientes líneas.

Los puentes viga triangulados de hormigón resultaban complicados de ejecutar por los encofrados y hormigonado posterior de las barras. Sin embargo, en los comienzos de la construcción de puentes de hormigón armado se emplearon como solución habitual por similitud con los puentes metálicos. Por facilidad constructiva, pronto serían sustituidos por puentes viga de hormigón de alma llena.

Tras la colección de puentes de tramo recto presentada por Zafra, se generalizará la ejecución de puentes de este tipo en nuestro país, con soluciones novedosas, singulares y técnicamente magníficas.

En esta época también continuó la ejecución de puentes tipo arco de hormigón armado. En 1912, se construyó el primer puente de hormigón armado con arcos triarticulados. El responsable fue el Ingeniero de Caminos Gabriel Rebollo, quien proyectó el Puente de San Miguel sobre el río Isuela en Huesca. Era éste un puente tipo arco bowstring, formado por dos arcos con cuatro péndolas verticales de hormigón armado cada uno, que aún se conserva.

El también insigne Ingeniero, Ildefonso Sánchez del Río proyectó en 1930 el puente sobre el río Narcea, puente de arco superior de 42 metros de luz con articulación en la clave. No dispone rótulas en los arranques de los arcos, que parten bajo el tablero para elevarse sobre él sin ningún arriostramiento transversal.

El hormigón armado había demostrado ser un material apto para la construcción por sus propiedades resistentes. Por su moldeabilidad, posibilitaba la ejecución en base a formas impensables hasta ese momento con otros materiales. Además, a medida que se experimentaba con él, se avanzaba en el conocimiento teórico sobre su comportamiento, lo que permitió un desarrollo mucho más rápido que en la implantación de otros materiales.

La experimentación con la técnica del hormigón armado encontró en los acueductos la estructura ideal para las aplicaciones novedosas de este material. En 1926 Eduardo Torroja proyectó y construyó, en el acueducto de Tempul (Cádiz), el primer puente atirantado con hormigón armado. Los cables de acero que sostienen al tablero, se pusieron en carga al elevar su silla de apoyo sobre la cabeza de la pila mediante gatos

hidráulicos. En el mismo año construyó el innovador acueducto de Alloz (Navarra), cuya sección es una lámina que forma un cuenco parabólico, que también fue pretensado, tanto en dirección longitudinal como transversal.



Acueducto de Alloz.

En los años 30 del siglo pasado, Peña Boeuf, discípulo de Zafra y sucesor de él en la cátedra de hormigón armado de la escuela, proyecta el acueducto de Tardienta para el canal de Monegros. En su búsqueda por una solución más económica que la sección cajón de hormigón, planteó un canal con forma de semitubo abierto por la parte superior. El diámetro es de 760 cm y la altura de la pieza de hormigón es de 5 metros.

Entre las sorprendentes formas que adopta el hormigón armado, están las cubiertas laminares, cuyo máximo representante es Eduardo Torroja. Eduardo Torroja es sin duda la otra figura de la ingeniería civil del periodo prebélico, que eleva al hormigón armado a una categoría superior en España. Comienza el empleo de la lámina de hormigón armado en los años 30, proyectando la cubierta del mercado de Algeciras en colaboración con el arquitecto Sánchez Arcas. Ésta se forma en base a una cúpula esférica de 48 metros de diámetro de planta octogonal y apoyada en ocho soportes periféricos. El espesor mínimo que se alcanzó en la clave fue de tan sólo 9 cm. La cubierta del hipódromo de la Zarzuela, obra de 1935, con un fondo de 12,60 metros y espesor de tan sólo 6 cm en las puntas del voladizo, fue exponente de las posibilidades que se presentaban para el nuevo material. Lo mismo ocurrió con la cubierta del Frontón d Recoletos, formada por una lámina de fino espesor.

Carlos Fernández Casado es uno de los primeros Ingenieros de Caminos en plantearlas. Su primer puente notable lo realiza en 1934 con la realización del Puente de Puerta de Hierro para el cruce de la carretera de A Coruña sobre el río Manzanares. Es un puente

recto de tramo continuo de tres vanos, auténtica declaración de intenciones sobre lo que será su obra posterior. En ese mismo año presenta su “Colección de puentes de altura estricta”, formada por puentes de tramo recto de armoniosas proporciones que componen unos puentes de gran belleza y singularidad.



Puente de puerta de hierro.

Como se observa, el empleo del hormigón armado en puentes fue constante a principios del siglo XX. Por ello en las sucesivas intervenciones se usó como material estructural sin ningún tipo de reticencia.