

EL VIADUCTO FERROVIARIO SOBRE EL RÍO FAHALA, EN SU CENTENARIO (1913-2013) (ALHAURÍN EL GRANDE-MÁLAGA)

Víctor Gallero Galván
Historiador

RESUMEN:

En el presente artículo se estudia el viaducto ferroviario sobre el río Fahala (1913), sus características, su relación con otras obras similares existentes en la provincia de Málaga y en el resto de España y las singularidades y valores que desde el punto de vista de la historia de la ingeniería le hacen merecedor de una protección dentro del patrimonio de la obra pública de Andalucía.

Palabras clave: Hormigón armado, tramos rectos, viaducto ferroviario, puente ferroviario, Compañía de los Ferrocarriles Suburbanos de Málaga, patrimonio histórico de la obra pública, Juan Manuel de Zafra Esteban, Francisco Echeconpar Consiglieri.

SUMMARY:

In this article we study the railway viaduct over the river Fahala (1913), its characteristics, its relationship to other similar works in the province of Málaga and the rest of Spain; and the singularities and values, from the history of engineering point of view, that make it worthy of protection in equity among public works in Andalusia.

Key Words: reinforced concrete, straight runs, railway viaduct, railway bridge, Compañía de los Ferrocarriles Suburbanos de Málaga, historical heritage of public works, Juan Manuel de Zafra Esteban, Francisco Echeopar Consiglieri.

1. Los inicios del siglo XX en Málaga. Hacia nuevas formas en los puentes ferroviarios: ingenieros, materiales y empresas

Como es sabido, la Compañía de los Ferrocarriles Suburbanos de Málaga (FSM) tuvo en explotación varias líneas ferroviarias en la provincia. En primer lugar, la línea de Málaga a Ventas de Zafarraya, inaugurada por tramos en diferentes fases: de Málaga a Torre del Mar, el 23 de enero de 1908; de Torre del Mar a Vélez-Málaga, el 23 de julio de 1908; de Vélez-Málaga a Viñuela, el 17 de julio de 1914; de Viñuela a Periana, el 14 de octubre de 1921; y de Periana a Ventas de Zafarraya, el 23 de agosto de 1922. Y en segundo lugar, la línea de Málaga a Coín, en la que el tramo Málaga-Alhaurín el Grande se inaugura el 17 de septiembre de 1912, el tramo Alhaurín el Grande-Valle Hermoso el 7 de febrero de 1913 y el tramo Valle-Hermoso a Coín el 6 de julio de 1913. Además, y como titular de todo el capital social de la Compañía de los Ferrocarriles de Málaga, Algeciras y Cádiz (FMAC), FSM controló la construcción y explotación de la línea de Málaga a Fuengirola, en la que el tramo San Julián-Torremolinos se inauguró el 22 de enero de 1916 y el de Torremolinos a Fuengirola el 28 de mayo del mismo año¹.

- 1 CUÉLLAR VILLAR, D. y SÁNCHEZ PICÓN, A., (Drs.), *150 años de ferrocarril Andalucía*, Sevilla, Consejería de Obras Públicas y Transportes, 2008, vol. I, pp. 436 y 438. Asimismo: CUÉLLAR VILLAR, D., “La vía estrecha en Andalucía: desarticulación territorial y entorno urbano”, *Actas del III Congreso de Historia Ferroviaria*, Gijón, Fundación de los Ferrocarriles Españoles y Ayuntamiento de Gijón, (Consulta: marzo 2013). Disponible en: <http://www.docutren.com/archivos/gijon/pdf/sa2.pdf> .



1. Postal del puente de ferrocarril sobre el río Vélez recién inaugurado. Autor desconocido. Colección de José Antonio González Ruíz.

Dichas líneas requirieron de una serie de obras de paso de ríos, arroyos y vaguadas que dieron lugar al tendido de varios puentes. A día de hoy se conservan los siguientes: un puente sobre el río Vélez, cerca de su desembocadura (figura 1); tres puentes entre Vélez y Ventas de Zafarraya, (dos sobre el río Guaro (f. 2 y 3) y uno sobre el río Bermuza (f. 4)); el viaducto sobre el Arroyo Hondo (f. 5), entre Torremolinos y Fuengirola –cuyo aspecto actual es fruto de una profunda reforma a base de arcos de hormigón–; y el viaducto sobre el río Fahala (f. 6) en la línea Málaga-Coín, término municipal de Alhaurín el Grande, el único que se conserva actualmente en este trayecto y que es el objeto de este trabajo. En la línea Málaga-Coín había también otros cuatro puentes de cierta envergadura, hoy día desaparecidos: dos puentes sobre el río Guadalhorce –pues éste se



2. Puente sobre el río Guaro (1). Fuente: Google Maps.



3. Puente sobre el río Guaro (2). Fuente: Google Maps.



4. Puente sobre el río Bermuza. Fuente: Google Maps.



5. Viaducto sobre el Arroyo Hondo en 1942. Fuente: EXPLOTACION DE FERRO-CARRILES POR EL ESTADO, A., *Memoria que presenta para el periodo 1 de julio 1941- 30 de diciembre 1942 el ingeniero director D. Alejandro Mendizábal Peña*, Madrid, 1942.

dividía cerca de su desembocadura en dos ramales: el Guadalhorce propiamente dicho (f. 7) y el “Río Viejo”, el puente sobre el Arroyo del Pedregal y el puente sobre el Arroyo del Valle, ambos en el término de Alhaurín de la Torre². Todos ellos tienen una estructura típica y común, por lo que los he llamado “Colección Suburbanos de puentes”.

Como en todo puente, en el viaducto sobre el río Fahala (f. 8) podemos distinguir varias partes. Por un lado, la infraestructura o subestructura, que integra los elementos sustentantes (pilas, estribos), que se encargan de transmitir las cargas a la cimentación. Los estribos actúan además como muro de contención de las tierras de los terraplenes de acceso al puente. Por otro lado, la superestructura (tablero, vigas, aceras), que es la parte donde actúa la carga móvil. Las vigas son los elementos que permiten salvar el vano. El tablero va sobre la viga y es el que soporta las cargas dinámicas. Tablero y vigas, a través de las armaduras, transmiten las tensiones a las pilas y estribos, éstas a los cimientos y, éstos a su vez, al terreno natural.

El proyecto de obras del viaducto sobre el río Fahala se redactó el 1 de noviembre de 1912 y fue aprobado el 31 de diciembre del mismo año. Fue su autor Francisco Echeopar Consiglieri³. (f. 9). Pero este proyecto es un poco especial. Para empezar, en él sólo se estudian las pilas y los estribos, pero no la superestructura, que no

2 (A)rchivo (H)istórico (F)errovionario, Sig. A-0154-006, “Expediente relativo a la apertura al servicio de la sección de Málaga a Alhaurín El Grande, de la línea de Coín a Málaga, y proyecto de obras de desviación del río Guadalmedina para finalizar el trazado de la línea. Acta de reconocimiento de la sección de Málaga a Alhaurín el Grande en el ferrocarril de Coín a Málaga, de fecha 10 de septiembre de 1912”.

3 (A)rchivo (G)eneral de la (A)dmistración, Sig. 26-21705-00001: ECHEOPAR CONSIGLIERI, Francisco, “Compañía de los Ferrocarriles Suburbanos de Málaga. Línea de Coín a Málaga. Trozo 1º. Proyecto de viaducto sobre el río Fahala. Documento nº 1. Memoria”.



6. Panorámica del viaducto Fahala. Fuente: Google Maps.



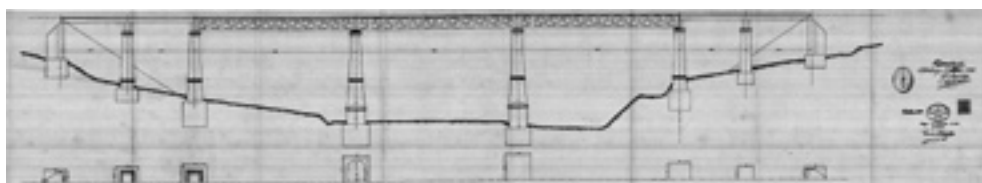
7. Restos del puente sobre el río Guadalhorce, año 1999. Fotografía: Andrés Sánchez Moreno.

obstante, sí se dibuja en los planos. La superestructura se diseña con “una combinación de tramos de hormigón de 10 y 26,20 ms. (sic) de luz respectivamente”, modelos que “están aprobados para la línea de Vélez y ya se han admitido en esta misma línea notoriamente en los cruces del Guadalhorce y de los arroyos del Pedregal y del Valle”⁴. Por tanto, el diseño de esos tramos no es obra de Echecopar.

4 A.G.A., *Ibidem*, pp. 1-2.



8. Viaducto sobre el río Fahala. Geometría. Autor: Guillermo Ordóñez Ordóñez, sobre fotografía de Google Maps.



9. Proyecto de viaducto sobre el río Fahala. Alzado. Ingeniero: Francisco Echeo-par Consiglieri. Fuente: A.G.A. Sig. 26-21705-00001.

Efectivamente los tramos de 10 metros, de alma llena, responden a un modelo aprobado en el “Proyecto General de obras de fábrica y puentes” de la línea de Málaga a Torre del Mar, redactado por el ingeniero Leopoldo Werner en 15 de junio de 1906 –aprobado en 24 de diciembre de 1906 con prescripciones y definitivamente por la Jefatura de la Cuarta División de Ferrocarriles, en 21 de marzo del año siguiente–, que recoge todos los puentes de la línea a excepción

del puente especial sobre el río Vélez el cual incorpora vigas de alma aligerada de 26,40 metros⁵.

Pero a su vez y, a la luz de las manifestaciones del ingeniero Juan Manuel de Zafra (1869-1923) que damos por ciertas, los proyectos de estos tramos de 10 metros junto a otros de 7,50 y 8 metros, fueron realizados por él:

Para economizar en la construcción de tantas obras análogas, establecimos para todas un solo perfil, sin diferenciar las de 7,50 y 8 de las de 10, más que por las armaduras. Construimos todos los moldes metálicos, intercambiables, obteniendo una sencillez y economía de construcción muy grandes, a expensas de un ligero exceso de hormigón en los tramos cortos. El trazado del perfil, en forma de Pi mayúscula (π , es decir, doble T o TT), lo estudiamos para lograr buen aprovechamiento, sin desperdicio, de las chapas corrientes en el comercio, facilidad para montar y desmontar los moldes y, sobre todo, la mejor distribución de secciones en el hormigón⁶.

Entendemos que este proyecto de Zafra sería anterior en el tiempo al de Werner, y a él se pueden referir las alusiones que éste realiza al “proyecto primitivo” o “proyecto aprobado” frente a su “proyecto actual” de la línea Málaga-Torre del Mar. Por su parte, los tramos de 26,40 metros de alma aligerada que se construyen en el viaducto Fahala,

- 5 A.G.A., Sig. 25-08094-00, “Compañía de los ferro-carriles sub-urbanos de Málaga. Línea de Málaga a Torre del Mar. Proyecto General de obras de fábrica y puentes”. Documento 1. Memoria, pp. 29 y 33. Asimismo A.H.F., Sig. A-0102-010, “Oficios y minutas tramitando el proyecto (24-3-1911/21-7-1911), pag. 2.
- 6 ZAFRA ESTEBAN, J.M., “Puentes de hormigón armado para ferrocarril”, *Revista de Obras Públicas. Publicación técnica del Cuerpo de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos*, nº 1833, Madrid, Ministerio de Fomento, 1910, pag. 537.

responden al modelo diseñado para el citado puente especial sobre el río Vélez según proyecto de Zafra, redactado en 10 de enero de 1907 y aprobado con una prescripción por Real Orden de 9 abril de 1907. (f. 10) A partir de su uso en la línea de Torre del Mar, tanto el modelo de tramo de 10 metros con sección en TT, como el de viga de alma aligerada o en celosía, fue también empleado por FSM en los puentes construidos de Vélez a Ventas de Zafarraya, de Málaga a Coín y de San Julián a Fuengirola⁷. Así consta en las referencias a un proyecto genérico redactado por Francisco Eche copar en 1911 para las obras de paso a ejecutar “en las líneas que construya” –hemos de entender que se refiere a las líneas de Vélez a Ventas de Zafarraya–, “sin necesidad de redactar proyectos especiales”⁸. Consideramos, por tanto, que este proyecto de Eche copar en lo que se refiere a la línea Málaga-Coín, probablemente afectaría a los puentes sobre los arroyos del Pedregal y del Valle, pero no a los puentes del Guadalhorce, ya en construcción en 1910, ni al viaducto Fahala que por la índole de la rasante, hubo de ser objeto de un proyecto especial pero siguiendo, repetimos, los modelos de la superestructura del puente sobre el río Vélez:

Inaugurada la línea de Málaga a Torre del Mar en 22 de enero de 1908, y plenamente satisfechos del resultado de nuestras obras, tanto la Compañía como la División de ferrocarriles de Sevilla, las han adoptado para la línea de Málaga a Coín. Cruza esta línea el río Guadalhorce en dos puntos: en uno está casi terminada la construcción de siete tramos de 10,00 metros y tres de 26,40; y en el otro, muy adelantada la ejecución de tres tramos de 10,00, y cuatro de 26,40. Todos ellos son idénticos a los del Vélez⁹.

7 Estos últimos, como hemos dicho, construidos por FMAC pero bajo el control de FSM.

8 A.H.F., Sig. A-0102-010.

9 ZAFRA ESTEBAN, J.M., “Puentes de hormigón armado. . .”, art. cit, pág. 537.

Por tanto, hubo de existir entre Zafra y FSM una especie de contrato de franquicia, por el cual la empresa fue aplicando entre los años 1908 y 1922 estos diseños de aquél en las líneas Málaga-Coín, Vélez-Ventas de Zafarraya y Málaga-Fuengirola. Así lo reconocía dicho ingeniero en 1920:

Sin necesidad de recurrir a ejemplos extranjeros podemos invocar, como garantía de la bondad de ese tipo, nuestro puente sobre el río Vélez, en el ferrocarril de Málaga a Torre del Mar, en explotación desde enero de 1908, con dos tramos de 26,40 m de luz, y otros varios puentes, en los que se han repetido hasta 18 tramos idénticos a aquéllos, en diversas líneas de la Compañía de ferrocarriles suburbanos de Málaga y en explotación desde 1912. Durante varios años han sido estas obras las mayores del mundo en su género de tramos rectos para ferrocarril. Basados en esta sanción experimental proyectamos para carreteras en los ríos Guadiana y Tajo tramos rectos de 40 m que, aprobados desde hace años, no han sido todavía construidos¹⁰.

Y aquí nos encontramos con la primera singularidad de los puentes de Suburbanos: la intervención del ingeniero Juan Manuel de Zafra. (f. 11) Juan Manuel de Zafra y Esteban, nació en Huelva en 1869 y murió en 1923, por lo que pertenece a la dinámica generación de ingenieros de 1898, muy ligada a las circunstancias regeneracionistas del país¹¹. En 1910 ocupa la primera cátedra creada en España sobre “Puertos, señales marítimas y construcciones de

10 ZAFRA ESTEBAN, J.M., “Memoria de la Colección de modelos de puentes económicos de hormigón armado para caminos vecinales”, *Revista de Obras Públicas. Publicación técnica del Cuerpo de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos*, nº 2344, Madrid, Ministerio de Fomento, 1920, pag. 410.

11 SAENZ RIDRUEJO, F., *Los ingenieros de caminos*, Madrid, Colegio Oficial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1996, pag. 155.



10. Puente ferroviario sobre el río Vélez. Fotografía: Víctor Gallero Galván.



11. Retrato de Juan Manuel de Zafra, con el uniforme del Cuerpo de Ingenieros.

Fuente: SAENZ RIDRUEJO, F.,
Los ingenieros de caminos, pág. 200.

hormigón armado”, en la Escuela Especial de Ingenieros de Caminos de Madrid. Destaquemos entre su producción teórica el monumental “Cálculo de estructuras, 1915-1916”, de 1.400 páginas y considerado en su época como la obra magna de la ingeniería española¹². En el año 1919 obtuvo la Gran Cruz de Alfonso XII, siendo considerado como un ingeniero de construcciones “cuidadosamente estudiadas, no sólo en lo que se refiere a la resistencia, sino también a los medios de ejecución y elegancia, y sencillez de las disposiciones adoptadas”¹³. Entre sus principales obras, todas en el campo del hormigón armado, merecen citarse el proyecto presentado en 1902 al concurso para la construcción de las cubiertas y pilares del tercer depósito de aguas del canal de Isabel II en Madrid; la construcción de los muelles del puerto de Sevilla, “Muelle de Nueva York”, en 1905; las estructuras realizadas para tres de las principales líneas ferroviarias de vía estrecha de Andalucía: los puentes de FSM de que venimos hablando, el embarcadero de San Juan de Aznalfarache, (de la Sociedad Anónima de Minas de Cala, inaugurado en 1905), y el embarcadero junto a Sevilla de la Compañía Gaditana de Minas La Caridad de Aznalcóllar, inaugurado en 1909; o los proyectos de puentes sobre el Tajo y el Guadiana, de tramos rectos de 40 metros de luz, en 1911. Hoy día sigue siendo valorado como un científico y profesional del más alto nivel, con escasos pero elaborados y finos proyectos¹⁴.

12 “Los tres primeros premios del Consejo de Obras Públicas: Zafra, Valdés, González Quijano”, *Revista de Obras Públicas. Publicación técnica del Cuerpo de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos*, nº 2272, Madrid, Ministerio de Fomento, 1919, pp. 169-172.

13 *Revista Matemática Hispano-americana*, Madrid, Real Sociedad Matemática Española, mayo de 1923, pag. 119.

14 BURGOS NÚÑEZ, A., “El desastre del Tercer Depósito cien años después” *Revista de Obras Públicas. Publicación técnica del Cuerpo de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos*, nº 3458, Madrid, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 2005, pp. 25-48, v.: SOBRINO SIMAL, J., *Arquitectura de la industria en Andalucía*, Sevilla, Instituto de Fomento de Andalucía, 1998,

Por su parte, Francisco Echecopar Consiglieri era militar. Desconocemos cómo se formó en ingeniería. Sabemos que nace en Málaga en 1878 e ingresa en la Academia de Artillería en 1898, haciendo una carrera basada en la promoción por antigüedad, que finaliza en junio de 1931 con el grado de teniente coronel, casi siempre con residencia en Málaga. Sus conocimientos de francés le facilitarían el acceso a FSM, donde, al menos desde febrero de 1911, era el ingeniero director del Servicio de la Construcción, siendo el encargado de impulsar el proceso constructivo y asesorar en los litigios suscitados por las expropiaciones, además de interlocutor del presidente de la Compañía –José Nagel Disdier– cuando éste se encuentra en el extranjero. Desconocemos la fecha de su fallecimiento, pero consta que en 1945 todavía figuraba como ingeniero en el Libro de Personal de la Compañía, a la vez que ocupaba un cargo en FMAC, compañía que, como hemos dicho, construyó y explotó la línea de San Julián a Fuengirola¹⁵.

Dicho esto, para calibrar realmente las novedades que introducen los puentes de Suburbanos hace falta realizar una pequeña

pag. 13, ZAFRA ESTEBAN, J.M., “Embarcadero de hormigón armado en el Guadalquivir”, *Revista de Obras Públicas. Publicación técnica del Cuerpo de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos*, Madrid, Ministerio de Fomento, 1905, pp. 381-382, ZAFRA ESTEBAN, J.M., “Nuevo embarcadero de hormigón armado en el Guadalquivir”, *Revista de Obras Públicas. Publicación técnica del Cuerpo de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos*, nº 1806, Madrid, Ministerio de Fomento, 1910, pp. 210-216, SAENZ RIDRUEJO, F., *Los ingenieros de . . . ob. cit.*, pp. 200-201, ARENAS DE PABLO, J.J., *Caminos en el aire. Los puentes*, Madrid, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 2002, pag. 700.

- 15 (A)rchivo (G)eneral (M)ilitar de (S)egovia, Arma de Artillería, Sección 1ª, legajo E-150: “Hoja matriz de servicios de D. Francisco Echecopar y Consiglieri”, v.: SESMERO RUIZ, J., “Los FF.CC. Suburbanos en el recuerdo de los malagueños. Del “matagallinas” al “cochinilla”, cincuenta y cuatro años de vida ferroviaria, *Málaga, su historia y sus gentes*, Cap. XVIII, Málaga, Bobastro, 1987, pag. 371.

inmersión en la evolución histórica de los puentes a nivel general –véase el adjunto cronograma– (f.12)¹⁶, para analizar tipologías, estructuras, materiales y luces a lo largo del tiempo. En cuanto a tipologías, se observa la perduración de la bóveda y el arco a lo largo de la Historia como estructura portante, o sea, el predominio de la línea curva. En Roma, arcos y bóvedas de medio punto y cúpulas. En la Baja Edad Media, las bóvedas variables, los puentes estrechos en lomo de asno y los puentes defensivos, todos abovedados. Entre 1400 y 1750 los puentes con bóvedas segmentadas, con bóvedas elípticas y con bóvedas rebajadas. En cuanto a materiales, observemos la continuada presencia de la piedra como material de construcción, con carácter casi exclusivo hasta principios del siglo XIX. Y en cuanto a luces, vemos cómo hasta el siglo XIX no se superan los cuarenta metros. A partir de 1800 aparecen los puentes metálicos (colgantes, de vigas, o de arcos).

Pero la evolución técnica se acelera y, a finales del siglo XIX, sin dejar de construirse puentes metálicos y de piedra, aparecen los puentes hechos en un nuevo material, el hormigón armado, con dos tipologías: puentes de bóveda o arcos con luces de hasta 400 metros, y por otro lado, puentes de tramos rectos que alcanzan ya los 25 metros de luz. Finalmente, a partir de los años treinta y cuarenta del siglo XX, aparece el hormigón pretensado que nos lleva ya a tipologías de tramo recto de 250 metros de luz y estructuras atirantadas que llegan hasta los 500 metros. Pues bien, en ese punto evolutivo de la historia de los puentes –la fase de tramos rectos de hasta 25 metros, que vemos en el cronograma– es donde encuentran su lugar los puentes de la Colección Suburbanos, de los que Fahala forma parte. Es más, la Colección Suburbanos inicia en España este nuevo tipo estructural de puente de tramo recto de hormigón armado, con más de 25 metros de luz, adelantándose en ello incluso al resto de

16 ARENAS PABLO, J.J., *Caminos en el aire*. . . ob. cit., pp. 88-89.

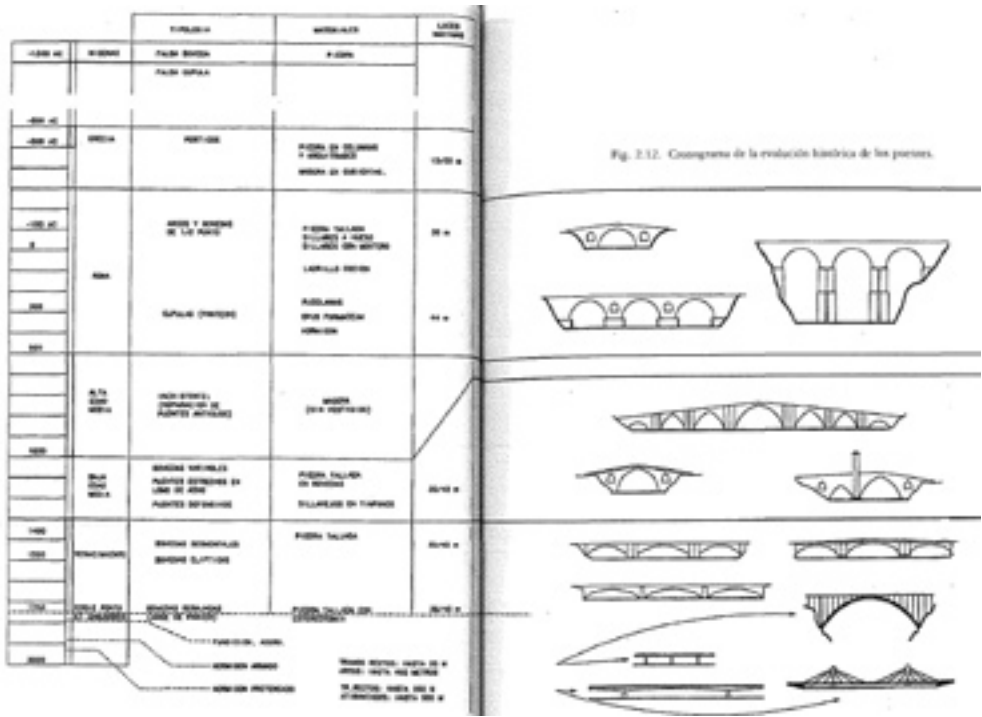


Fig. 2.12. Cronograma de la evolución histórica de los puentes.

12. Cronograma de la evolución histórica de los puentes. Fuente: ARENAS DE PABLO, A., *Caminos en el aire ...* pp.88-89.

Europa. Por tanto anotemos ya, segunda singularidad, este hito en la historia de la ingeniería de puentes. Algo que podemos confirmar también tras el análisis de los veintitrés artículos publicados sobre puentes de hormigón armado, en la Revista de Obras Públicas –publicación técnica del cuerpo de ingenieros de caminos–, entre 1898 y 1932. Excepción hecha de los trabajos publicados en la misma por el propio Zafra, no hay ni un solo trabajo dando noticia de puentes de tramo recto de hormigón armado¹⁷.

17 *Revista de Obras Públicas*, (Consulta: junio 2013) Disponible en: <http://ropdigital.ciccp.es/>

Pero veamos todo esto más despacio. Primero conozcamos lo que suponía hace cien años construir en hormigón armado, y después reparemos en lo que significa un puente de tramo recto.

Aunque hoy día está perfectamente admitido el uso del hormigón armado en todo tipo de construcciones, hace cien años la cosa no estaba tan clara. Entre 1895 y 1915, el hormigón armado era un “invento” relativamente reciente. Las primeras viguetas en hormigón armado se habían patentado sólo unos años antes, en 1892. Este material no se usa aún para la construcción de viviendas –la primera vivienda en hormigón armado no se construye hasta 1903–, sino que se usa sobre todo para equipamiento industrial, para construcciones técnicas, “funcionales” (depósitos, silos, fabricas, dársenas, puentes), que van a ser los símbolos de la modernidad industrial, por cuanto en ellos la forma ya no se somete a la materia, sino la materia a la forma¹⁸. Es el arranque del Movimiento Moderno y las vanguardias arquitectónicas del siglo XX. En este sentido, Zafra dirá que el hormigón armado es “el material por excelencia en nuestra época, esencialmente utilitaria”, puesto que “desde la aparición de los ferrocarriles se afirmó cada vez más el carácter esencialmente utilitario de la mayoría de las construcciones”¹⁹.

¿Qué suponía construir puentes de tramo recto? (f. 13) ¿Qué es un puente de tramo recto? Un puente de tramo recto es aquél que está constituido por vigas paralelas al eje del mismo. El hormigón armado permitía por vez primera ejecutar estructuras horizontales, que no empujaban sobre sus arranques –como sí hacían los clásicos arcos y bóvedas–, sino que sólo producían empujes verticales en los

18 SIMONNET, C., *Hormigón, historia de un material. Economía, técnica, arquitectura*, San Sebastián, Nerea, 2009, pp. 57, 123, y apartado “Cronología”.

19 ZAFRA ESTEBAN, J.M., “Los progresos de la construcción y de la mecánica aplicada”, *Revista de Obras Públicas. Publicación técnica del Cuerpo de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos*, n° 2305, Madrid, Ministerio de Fomento, 1919, pp. 593-594.

apoyos, lo que posibilitaba cimientos más sencillos y, en consecuencia, una obra más económica²⁰. Zafra siempre fue un enamorado de la línea recta, de la horizontalidad, es decir, de la ordenación más simple, sin nada superfluo. Estamos ante el esquema ancestral de dos columnas o pilares unidas por el yugo de un dintel, el emblema de toda la construcción clásica²¹. Y todo ello con el mínimo gasto: “menos es más”, proclamaban los racionalistas de la Bauhaus.

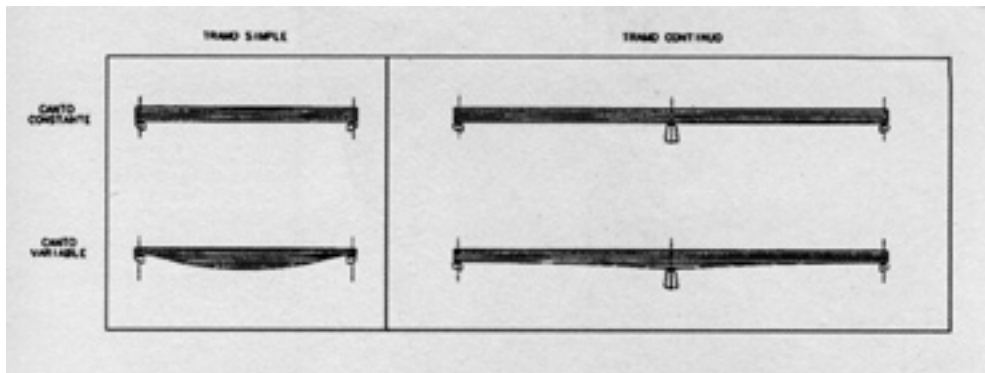
Pero demos un paso más. Dentro de lo tramos rectos, la Colección Suburbanos se decanta además por el tramo recto independiente, simple o isostático. Un tramo recto independiente o isostático, es aquél que meramente descansa en dos apoyos, es decir, una estructura simple estrictamente apoyada en sus dos extremos para verse en equilibrio. Mientras que un tramo recto continuo o hiperestático, es aquél que está empotrado en sus apoyos, por lo que éstos son más que suficientes para equilibrar las cargas que sobre él actúen²². La ventaja de la viga isostática, es que no requiere tantas condiciones de sustentación y enlace como la hiperestática, soportando mejor los asentamientos que pudieran producirse en las pilas y cimientos. Zafra se decanta por tanto, por la solución isostática, por la simplicidad más segura, a la vista de las cargas dinámicas del uso ferroviario y los posibles problemas de cimentación.

Sentado esto, hay que aludir a continuación a la extraordinaria originalidad que significa emplear a principios del siglo XX este tipo de puente para uso ferroviario, teniendo en cuenta que las cargas del uso ferroviario son muy superiores a las de la carretera. Y estamos ya ante la tercera singularidad de estos puentes. José Eugenio Ribera –ingeniero de caminos contemporáneo de Zafra, profesor,

20 ARENAS DE PABLO, J.J., *Caminos*. . . ob. cit., pag. 703.

21 TORROJA MIRET, E., *Razón y ser de los tipos estructurales*, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1991, pag. 87.

22 ARENAS DE PABLO, J.J., *Caminos*. . . ob. cit., pag. 520.



13. Esquema de tramo recto simple y continuo; y de canto constante y canto variable. Fuente: ARENAS DE PABLO, A., *Caminos en el aire ...* pág. 705.

tratadista de puentes, constructor y empresario—, fue el primero que puso a los puentes de Suburbanos, como ejemplo paradigmático de esta disposición constructiva para uso ferroviario. Y a este respecto escribía —ojo al dato— en 1930:

También el hormigón armado, desde hace bastantes años, fue aceptado en puentes para ferrocarriles españoles, adelantándose a la mayor parte de los países en el empleo de este material para esta clase de obras; y como estos trabajos son desconocidos en el Extranjero, me parece útil citar los más característicos. Hace más de 20 años que el ingeniero Sr. Zafra, proyectó e hizo construir con hormigón armado todos los puentes de la red de caminos de hierro interurbanos de Málaga, para vía de un metro. Así se construyeron varios tramos de 6 a 12 metros y diversos tramos de 26,40 metros, estos de vigas aligeradas, que por su luz y disposición fueron, ciertamente, muy anteriores a los tramos para ferrocarril del mismo tipo contruidos en el extranjero²³.

23 RIBERA DUTASTE, J.E., “Los puentes bajo carriles de hormigón y hormigón armado en España”, *Revista de Obras Públicas. Publicación técnica del Cuerpo*

(f. 14) Retengamos la importancia de esto último, y a la vez fijémonos en que dichos tramos de 26,40 metros, según Zafra, ostentaban todavía en 1910 el record de tener la mayor luz del mundo²⁴. Pero hay más. Si tenemos en cuenta que la luz del vano es una magnitud significativa para determinar el valor estructural de un puente, y a la vez analizamos los catálogos-inventario históricos de los puentes de las provincias de Granada, Jaén, Huelva, Cádiz y León, que alcanzan hasta el año 1936 y que estudian un total de 746 puentes, pueden extraerse dos conclusiones. En primer lugar, la escasez de puentes ferroviarios de tramo recto de hormigón armado fechados en el siglo XX, y con luces de entre 15 y 30 metros. En segundo lugar, la absoluta inexistencia de puentes ferroviarios con vigas en celosía²⁵. He aquí otra particularidad de los puentes de FSM, y estamos ante la cuarta.

A partir del buen comportamiento de los puentes de Suburbanos, el propio Ribera proyectó puentes de tramo recto de tablero superior

de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, nº 2559, Madrid, Ministerio de Fomento, 1930, pp. 469-470.

24 ZAFRA ESTEBAN, J.M., “Puentes de hormigón armado. . .”, art. cit., p. 536.

25 FERNANDEZ ORDOÑEZ, J.A. (Dr.), *Inventario histórico de los puentes de Andalucía anteriores a 1936. Provincias de Granada, Jaén y Huelva y Cádiz*. Se trata de cuatro trabajos independientes, inéditos, realizados por la cátedra de Estética de la Ingeniería de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid, entre los años 1985-1987, bajo los auspicios del Centro de Estudios Territoriales y Urbanos del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo y de la Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía. Han sido consultados: el inventario de la provincia de Granada, en <http://infodigital.opandalucia.es/bvial/handle/10326/874>, el inventario de la provincia de Jaén, en <http://infodigital.opandalucia.es/bvial/handle/10326/873/>, el inventario de la provincia de Huelva en <http://infodigital.opandalucia.es/bvial/handle/10326/875>, y el inventario de la provincia de Cádiz, en <http://infodigital.opandalucia.es/bvial/handle/10326/881>, Asimismo: FERNANDEZ ORDOÑEZ, J.A., et al., *Catálogo de puentes anteriores a 1936. León*. Madrid, Colegio Oficial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1998.



14. Viaducto sobre el río Fahala: tramos de viga en celosía.
Fotografía: Guillermo Ordóñez.

en otras líneas de vía estrecha de España (en Palencia, en Guipúzcoa, en Lérida, en Ceuta y hasta en el Protectorado Español en Marruecos), de modo que hacia 1925 era ya la estructura más habitual para ferrocarril y carreteras²⁶. Podemos decir, por tanto, que los puentes de Suburbanos fueron el modelo y banco de pruebas experimental, para el diseño de los puentes de carreteras de tercer orden y caminos vecinales que se fueron construyendo en España desde 1920, cuyos modelos oficiales por encargo del gobierno, fueron proyectados asimismo por Zafra²⁷. Todavía hoy se conservan algunos ejemplos, muy pocos, de puentes con tramos rectos con vigas en celosía en carreteras de tercer orden, que siguen los modelos realizados por Zafra.

26 RIBERA DUTASTE, J.E., “Los puentes bajo carriles. . .”, art. cit., pag. 470, también: RIBERA DUTASTE, J.E., *Puentes de fábrica y hormigón armado*, T. IV, Obras Especiales, Madrid, Sucesores de Rivadeneyra, 1932, pag. 31.

27 ZAFRA ESTEBAN, J.M., “Memoria de la Colección. . .”, art. cit., pp. 407-415.

Así, (f.15) el Puente de Villanueva de la Reina, (Jaén), del año 1909, compuesto por doce tramos rectos de viga en celosía de hormigón armado²⁸ (f. 16). En la provincia de León, el puente sobre el río Esla entre Santa Olaja de la Varga y Sabero, construido en torno a 1920²⁹ (f. 17). En Cáceres, el puente de carretera sobre el río Tajo en Serradilla, del ingeniero Enrique Colás, compañero y amigo de Zafra, construido en 1929³⁰. Y finalmente, (f. 18) el puente de Alfonso XIII sobre el río Luccus, en la carretera de Tánger a Rabat, en las proximidades de Larache, antiguo Protectorado Español en Marruecos, construido en 1929³¹.

Pero de nada serviría un magnífico material como el hormigón armado ni un adecuado tipo estructural, si no hay una empresa o un promotor que los adopte en sus construcciones. Por tanto, otro elemento esencial de esta historia es la empresa que puso en marcha el proyecto, en una coyuntura político-económica, claro está, favorable al mismo. Efectivamente, FSM se aventuró con el nuevo material y, rechazando arcos y bóvedas, eligió el tipo estructural de tramo recto para sus inversiones ferroviarias en Málaga. Suburbanos, era una de las veintitrés sociedades de capital belga que por entonces

28 FERNANDEZ ORDOÑEZ, J.A. (Dr.), *Inventario histórico de los puentes de Andalucía anteriores a 1936. Provincia de Jaén*, pp. 68-69, Consultado en <http://infodigital.opandalucia.es/bvial/handle/10326/873> (falta fecha de consulta).

29 FERNANDEZ ORDOÑEZ, J.A., et al.: *Catálogo de puentes. . . ob. cit.*, pp. 457-458.

30 COLÁS ARIAS, E., “Un nuevo puente sobre el río Tajo en Serradilla (Cáceres)”, *Revista de Obras Públicas. Publicación técnica del Cuerpo de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos*, nº 2522, Madrid, Ministerio de Fomento, 1929, pp. 128-132.

31 GARCIA AGUSTIN, J., “Puente de Alfonso XIII, sobre el Luccus, en Larache”, *Revista de Obras Públicas. Publicación técnica del Cuerpo de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos*, nº 2518, Madrid, Ministerio de Fomento, 1929, pp. 49-54.



15. Viga en celosía del puente de carretera sobre el río Guadalquivir en Villanueva de la Reina (Jaén). Fuente: <http://infoguadalquivir.blogspot.com.es/2010/10/puente-de-villanueva-de-la-reina-sobre.html>



16. Viga en celosía del puente de carretera sobre el río Esla entre Santa Olaja de la Varga y Sabero (León) en el día de su inauguración en 1925. Autor desconocido. Fuente: Archivo Municipal de Sabero (León), cortesía de Manuel Castro Martínez.



17. Viga en celosía del puente de carretera sobre el río Tajo en Serradilla. (Cáceres). Fuente: <http://lascarreterasdeextremadura.blogspot.com.es/2013/12/el-puente-de-serradilla.html>



18. Vigas en celosía del puente de Alfonso XIII sobre el río Luccus, en la carretera de Tánger a Rabat, en las proximidades de Larache. Fuente: http://larache-historia.blogspot.com.es/2009_12_01_archive.html

operaban en España en el negocio ferroviario³², y había adquirido entre 1905 y 1910 la concesión de los ferrocarriles “económicos” de vía estrecha para las líneas de Coín a Málaga, Málaga a Vélez y Vélez a Ventas de Zafarraya. Aquí anoto un elemento interesante que cita Zafra: “Por su definición (estos ferrocarriles) deben, en general, no implicar grandes obras, y sí la mayor economía en las que sean indispensables”³³. Subrayamos: “no grandes obras” y “economía en las indispensables”. Es la búsqueda de lo que Zafra llamaba el “ideal de lo necesario y suficiente”, que le lleva en el diseño de puentes, a elegir los modelos de tramos que “puedan ser construidos con la mayor sencillez y facilidad, condición indispensable para que a la bondad del material corresponda la de la mano de obra, y puedan ambas, escrupulosamente exigidas, justificar la plena confianza que estas obras deben inspirar”³⁴. Esta “definición” constructiva de los ferrocarriles de vía estrecha suponía para las compañías ferroviarias todo un esfuerzo de optimización de costes que va tener clara incidencia, para el caso que nos ocupa, en el diseño estructural de los puentes de la Colección Suburbanos. Así, siguiendo criterios de la máxima economía y rapidez en la construcción, la Compañía buscó a la persona que proyectara los puentes y la halló, como hemos señalado, en la persona de Juan Manuel de Zafra. De este modo los intereses empresariales de los inversores belgas, llevó a la Compañía no sólo a apostar por el hormigón armado sino también a confiar en el ingeniero que, con éxito, había materializado ya en 1905 la primera estructura de hormigón armado de Andalucía: los viaduc-

32 “Empresas ferroviarias belgas en España”, *Gaceta de los Caminos de Hierro. Industrias, minas, seguros y sociedades de crédito*, nº 2758, Madrid, 1909, pp. 466-467.

33 ZAFRA ESTEBAN, J.M., “Puentes de hormigón armado. . .”, art. cit., pag. 533.

34 ZAFRA ESTEBAN, J.M., “Memoria de la Colección de modelos. . .”, art. cit., pp. 408 y 410.

tos y embarcadero ferroviario de mineral de hierro de San Juan de Aznalfarache, junto al Guadalquivir, en la línea de Cala a San Juan de Aznalfarache, (Sevilla), (f. 19) después de convencer a la empresa promotora, (Sociedad Anónima de Minas de Cala), para sustituir la inicial estructura de madera prevista por otra de hormigón armado³⁵. Tengamos en cuenta que por entonces, el uso del hormigón armado encontraba fuertes suspicacias, sobre todo en cuanto a su capacidad de resistencia frente a las cargas dinámicas, típicas del tráfico ferroviario. En este sentido, Zafra era consciente de que, si bien “el Estado ha construido, por concurso, numerosas e importantes obras, las compañías de ferrocarriles se muestran más reacias y salvo la de los Suburbanos de Málaga, solo en construcciones de escasa importancia admiten el hormigón armado”³⁶. Es por ello que Suburbanos adoptó aquí una decisión trascendental, por cuanto:

... la empresa decidió, con muy buen acuerdo y espíritu progresivo digno de imitación, que todas las obras fueran de hormigón armado. Así fueron proyectadas, pero con carácter marcadamente teórico, por lo que se nos honró con el encargo de redactar los proyectos definitivos y de dirigir su ejecución ... Para economizar en la construcción de tantas obras análogas, establecimos para todas un solo perfil... y ... no hubiéramos llegado a desarrollarlas a no encontrar, tanto en la Compañía concesionaria como en la Cuarta División de

35 SANCHEZ LÁZARO, T., *1905, la primera construcción de hormigón armado en Andalucía*, Sevilla, Consejería de Obras Públicas y Transportes, 2007. Se trata de un folleto editado con motivo del III Encuentro mundial del hormigón preparado, celebrado en Sevilla entre el 5 y el 8 de junio de 2007 (Consulta: mayo 2013) Disponible en http://www.opandalucia.es/verdocumento.php?documento=1905_la+primera+construccion+de+hormigon+armado+en+Andalucia.pdf

36 ZAFRA ESTEBAN, J.M., *Construcciones de hormigón armado*, Madrid, V. Tordesillas, 1911, pag. 8.



19. Segundo viaducto y embarcadero ferroviario de mineral de hierro de San Juan de Aznalfarache. Fuente: ZAFRA ESTEBAN, J.M., “Embarcadero de hormigón armado en el Guadalquivir”, Revista de Obras Públicas. Publicación técnica del Cuerpo de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, Ministerio de Fomento, 1905.

Ferrocarriles de Sevilla, la confianza y el espíritu de progreso tan grandes que ... mostraron desde un principio³⁷.

2. El viaducto Fahala: composición, estética, futuro.

La idea primera, dice Echeopar, fue realizar el viaducto mediante “tres tramos de 35 metros de luz, no por la exigencias del desagüe,

37 ZAFRA ESTEBAN, J.M., “Puentes de hormigón armado. . .”, art. cit., pp. 536-537.

pero sí en atención a la altura de la rasante”. Pero finalmente, en la ejecución de este “importante viaducto” se empleó “una combinación de tramos de hormigón de 10 y 26,20 metros de luz respectivamente, modelos, que como se ha adelantado, están aprobados para la línea de Vélez y ya se han admitido en esta misma línea (la de Coín a Málaga) notoriamente en los cruces del Guadalhorce y de los arroyos del Pedregal y del Valle”³⁸. Por ello Echecopar se limita a proyectar las pilas y estribos, no la estructura portante, que es la misma que la diseñada por Zafra en el puente del río Vélez.

Los tramos de viga de 10 metros, de alma llena con sección en TT, se emplean en el viaducto Fahala para evitar la construcción de enormes terraplenes en altura y muros de acompañamiento, con los consiguientes problemas de asentamiento, conservación y reparación. Textualmente dice Echecopar:

Los tramos de 10 metros se han adoptado para suprimir los muros de acompañamiento, mole inmensa de utilidad muy dudosa y que constituyen siempre puntos flacos en estas obras; la solución adoptada deja el terraplén perfectamente saneado y permite vigilar y reparar constantemente sus cimientos³⁹.

(f. 20) Tienen un esquema basado en un par de vigas o nervios longitudinales de sección en T (formando las dos una doble T) y con una separación de 1,50 m. entre sí. Las cabezas de estas vigas están unidas por un forjado intermedio de enlace y sendos voladizos o aleros laterales y todo ello constituyendo el tablero, que tiene 4 metros de ancho.

38 A.G.A. Sig. 26-21705-00001, pp. 1-2.

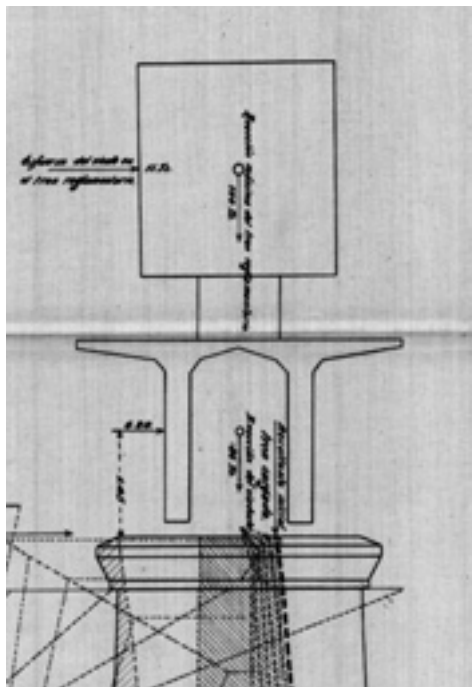
39 A.G.A. Sig. 26-21705-00001, pag. 2.

Resultan así dos piezas en T que, consideradas independientes, ofrecen en sus cabezas superiores la forma y distribución de material que los estudios experimentales demuestran ser más ventajosas y que, en realidad, constituyen una sola pieza en forma de π , pi mayúscula, de rigidez y resistencia tanto a las flexiones transversal y longitudinal como a la torsión, muy superiores a las que sumadas ofrecerían las dos T. Se obtiene al mismo tiempo la mayor sencillez y economía en la mano de obra: ni en los vuelos laterales hay ménsulas, ni en la zona central viguetas, sino siempre la misma distribución de espesores, que hace inútiles esos refuerzos o nervios transversales que tanto complican y encarecen la construcción. Las mismas armaduras, que colocadas en los vuelos junto al trasdós requieren las flexiones negativas del forjado, son las que en la zona central, unas, dobladas hacia el intradós, resisten las flexiones positivas, y otras, prolongadas en recta, solidarizan toda la losa de extremo a extremo, enlazando directamente las dos almas o nervios⁴⁰.

Como dijimos anteriormente, esta disposición había sido aprobada para la línea Málaga-Torre del Mar, por la Jefatura de la Cuarta División de Ferrocarriles en 21 de marzo de 1907 y será la misma que se aplicará en todos los tramos de 10 metros, utilizados en los puentes de Ferrocarriles Suburbanos de Málaga:

Nuestro criterio fue desde el primer momento, y la práctica nos lo ha afirmado cada vez más, el de reducir ese número de nervios al mínimo, dos casi siempre, y, más en general, el de aunar en cuanto es posible, la economía en material y en mano de obra con la robustez necesaria, realizando cada superestructura con el menor número de elementos, dispuestos

40 ZAFRA ESTEBAN, J.M., “Memoria de la Colección. . .”, art. cit. pag. 408.



20. Proyecto de viaducto sobre el río Fahala. Sección de viga en TT. Ingeniero: Francisco Echeopar Consiglieri. Fuente: A.G.A. Sig. 26-21705-00001.

del modo que menos indeterminación produzca respecto a la función que a cada uno incumbe. En cuanto el número de nervios excede de dos es imposible conocer exactamente el modo de repartirse entre ellos la acción de las sobrecargas, aun en el caso de que éstas tengan una resultante contenida en el plano de simetría de la obra. Las cantidades de hormigón y de armadura que, tratándose de dos nervios, pueden ser aquilatadas hasta aproximarse mucho al ideal de lo necesario y suficiente, tienen que ser, por fuerza, bastante mayores cuando se disponen tres, y más todavía si mayor es el número de nervios. Mas no paran los inconvenientes en resultar la estructura más pesada y requerir, por tanto, nuevo exceso de material: la mano de obra es más costosa y tanto más cuanto más numerosos son los elementos que han de ser armados y moldeados⁴¹.

Este esquema compone, por su simplicidad, utilitarismo, integridad y clasicismo, un enorme avance, hoy plenamente asumido, pero que hace cien años no era sino el inicio hacia formas nuevas en los puentes de hormigón armado. Y es que aquí se produce un gran salto, quinta singularidad, no sólo porque esa losa superior que constituye el tablero actúa como piso que resiste la flexión, sino también porque

41 Id.



21. Viaducto sobre el río Fahala. Vista inferior de las vigas de sección en TT.
Fotografía: Guillermo Ordóñez.

lo hace obligándose ella misma a jugar un importante papel en la resistencia de las vigas principales, como ala superior de las mismas. (f. 21) Pero es que además se economiza así una gran proporción de armadura de metal. “Se ve pues, que merced a este artificio, se transforma un forjado, que antes era solo peso muerto, en elemento resistente del tablero”, dice Ribera⁴². Esta sensible ventaja, es decir, el hecho de que el tablero-forjado colabore estructuralmente con la viga, es una peculiaridad exclusiva de los tramos rectos con tablero superior, pues en todas las demás disposiciones de tramos rectos y en los puentes de arco el tablero pesa sobre las vigas o arcos, sin contribuir en nada a aliviar su trabajo. Zafra lo expresa en estos términos:

42 RIBERA DUTASTE, J.E., *Puentes de fábrica y hormigón armado*, T. I “Generalidades, muros y pequeñas obras”, Madrid, Voluntad, 1925, pag. 57.

Dentro del género tramo recto caben las formas de piso inferior, intermedio y superior. En las dos primeras, ese elemento sólo desempeña su papel propio de transmitir el efecto de las sobrecargas que recibe a los elementos resistentes longitudinales, vigas o nervios. No puede colaborar con éstos, si el piso es intermedio, por su situación, y si es inferior, por no resistir bien tensiones el hormigón. Cuando el piso es superior, el material que lo constituye forma las cabezas de los nervios y trabaja eficazmente por compresión longitudinal, sin perjuicio de hacerlo por flexión en el sentido transversal. Se obtiene así el mayor rendimiento del hormigón armado, adaptando la distribución del material a sus condiciones peculiares de asimetría en la resistencia⁴³.

Para cumplir estas condiciones, en la sección transversal de las vigas en TT vemos cómo “los espesores, reducidos en el centro y extremos laterales a lo en cada caso prácticamente indispensable, crecen con rapidez, según amplios cartabones, junto a los nervios”⁴⁴, produciéndose mediante este chaflán una dulcificación de la rigidez del ángulo recto de la T, y la consiguiente finura del diseño del alero, cuya liviana sección oscila entre los 22,50 cms. del arranque y los 10 cms. del extremo. Efectos de exquisitez formal muy típicos de Zafra, después seguidos por incontables ingenieros y que podemos considerar como la sexta singularidad de este puente. (f.22)

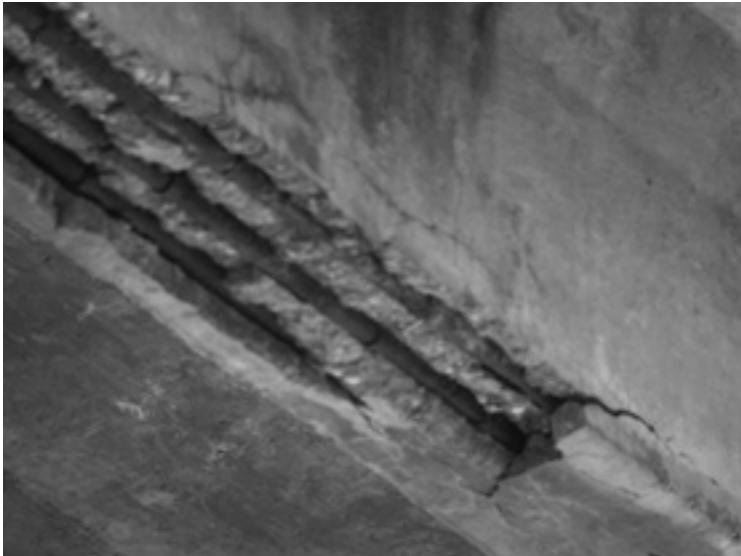
En las armaduras de estas vigas se emplean barras de acero redondo empalmadas, quizás por no existir entonces barras más largas en el mercado. (f. 23) La sección parece ser de entre 40 y 50 mm de diámetro, por lo que estas barras serían difíciles de manejar

43 ZAFRA ESTEBAN, J.M., “Memoria de la Colección. . .”, art. cit. pp. 407-408.

44 Id.



22. Viaducto sobre el río Fahala. Alero de viga de sección TT.
Fotografía: Guillermo Ordóñez Ordóñez.



23. Viaducto sobre el río Fahala. Armadura de barras empalmadas en las vigas de sección TT. Fotografía: Guillermo Ordóñez.

y doblar, habiendo podido originar problemas de adherencia entre acero y hormigón. De hecho, actualmente pueden apreciarse fisuras en el hormigón de la base de algunas vigas. Hoy día se suelen utilizar secciones de 32 mm y barras de acero con resaltes o corrugas que aumentan la adherencia al hormigón⁴⁵. En fin, este sistema de tramos rectos independientes de vigas de alma llena y tablero superior acabaría siendo el más corriente en España prácticamente hasta mediados del siglo XX, y era considerado por los tratadistas como la solución más económica de puentes hasta luces de 25 metros en carretera y ferrocarriles de vía estrecha⁴⁶.

Por su parte, el diseño de los tramos de 26,40 metros, de viga aligerada mediante triangulación de montantes y diagonales, es similar al que hemos mencionado para las de 10 metros. Estos tramos son la parte más característica del viaducto Fahala, y estamos aquí ante la séptima peculiaridad. Vista la necesidad de intentar salvar vanos cada vez mayores sin recurrir a arcos, los ingenieros se encontraban con que las vigas macizas rectas necesitaban grandes armaduras, lo que hacía aumentar el canto de la viga, provocando un mayor peso muerto, lo cual influía en la carga de la propia viga y de las pilas y cimientos. Y todo ello, además, encarecía el proyecto. Por otro lado, para emplear arcos había que construirles grandes cimientos. Con todas estas premisas, y “excluida por las condiciones del puente la solución de arco”, –dice Zafra en 1910 respecto al puente sobre el río Vélez– “la idea de realizarlo con grandes tramos de celosía nos sedujo”⁴⁷. (f. 24) La viga en celosía es aquella en que, para reducir su peso muerto, el alma maciza –y por ello especialmente pesada– es

45 ARENAS DE PABLO, J.J., *Caminos*. . . ob. cit., pag. 961.

46 RIBERA DUTASTE, J.E., *Puentes de fábrica y hormigón armado*, T. I. “Generalidades...” ob. cit., pag. 149 y T. IV “Obras Especiales” pp. 31 y 117-118.

47 ZAFRA ESTEBAN, J.M., “Puentes de hormigón armado. . .”, art. cit., pp. 536-537.



24. Viaducto sobre el río Fahala. Vigas en celosía. Fotografía: Guillermo Ordóñez Ordóñez.

calada y aligerada por una trama de diagonales y montantes formando una cercha triangulada. De esta forma, asimismo, se conseguía una gran economía en cuanto a metros cúbicos de hormigón y kilos de acero:

Las grandes luces implican una modificación estructural: el peso de los nervios, exiguo en las obras pequeñas, se hace cada vez más importante, hasta igualar casi al del forjado en la luz de 20 m. De no aligerar las almas, calándolas en celosía, los puentes de 25 a 36 metros resultarían excesivamente pesados, y aunque la mano de obra se encarece bastante, el ahorro en materiales obtenido por la considerable reducción del peso muerto la compensa con creces⁴⁸.

48 ZAFRA ESTEBAN, J.M., “Memoria de la Colección. . .”, art. cit., pag. 409.

De esta manera, cada tramo del viaducto se adapta a los empujes que ha de resistir: vigas de alma aligerada y con mayor canto en los tramos centrales, más largos, donde se soportan los mayores esfuerzos; y vigas de alma llena, más cortas y de menor canto, en los tramos laterales, donde el esfuerzo es menor. Es decir, se adecua la capacidad resistente de cada tramo de la superestructura, a los esfuerzos que se han de soportar (véase el alzado del viaducto). Como diría Zafra, se trataba de buscar “las formas, cantidades y distribución de materiales que cada problema por su índole mecánica requería”⁴⁹. Algo novedoso para la época, muy característico de la buena ingeniería y que planteo aquí como la octava singularidad de esta estructura viaria. Es evidente que en este punto Zafra da un importante salto hacia adelante en ese intento de adecuación entre la forma (tipo estructural), el material y la mecánica:

El hombre de acción que se limita a reproducir lo ya conocido puede contentarse con la simple práctica, con la rutina; el hombre de acción y de progreso, tal como debe ser el Ingeniero, no debe contentarse con lo ya alcanzado, sino aspirar a mejorarlo, poco o mucho, siempre algo, a sumar su trabajo al de sus predecesores... (Porque) el mote de nuestra época es... el *plus ultra*⁵⁰.

Las vigas en celosía, no obstante, eran algo usual en la ingeniería ferroviaria. Desde mediados del siglo XIX constituían la típica estructura de los puentes metálicos de tramo recto. Pero hasta entonces nunca se habían hecho de “metal hormigonado”. Por tanto vemos aquí, en un caso práctico, ese momento histórico en que las formas estructurales intentan despegarse de la tradición (celosía

49 ZAFRA ESTEBAN, J.M., “Los progresos de la construcción. . .”, art. cit., pag. 593.

50 *Ibid.*, pp. 596 y 598.

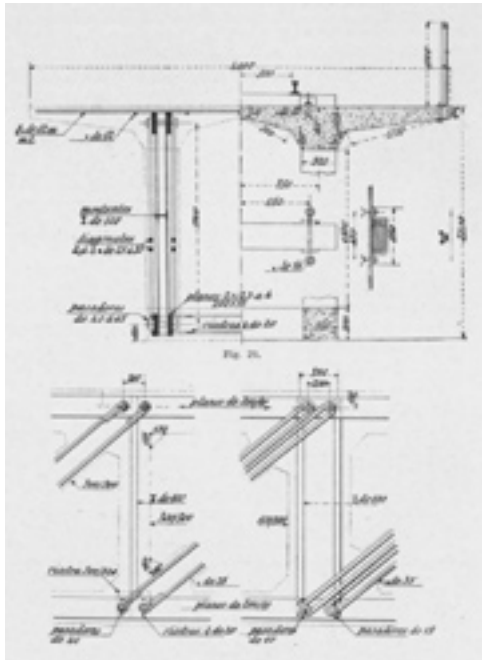
metálica) e inician el camino de lo nuevo; pero apreciamos también cómo no se quiere o no se puede abandonar del todo la primacía de la estructura metálica, de modo que, estamos, como se ha dicho, ante una estructura metálica anegada en hormigón, o, en palabras de Zafra, una estructura de “metal hormigonado” no de hormigón armado propiamente dicho⁵¹.

El viaducto Fahala presenta tres tramos de este tipo de vigas aligeradas. Se ubican en la zona central del viaducto, pues es en el centro como hemos señalado, donde la flexión es mayor. Miden 27,20 metros entre pilas y tienen una luz de 26,40 metros. El canto o altura es de 2,20 metros. Al igual que los tramos de alma aligerada, y con el objeto de reforzar el empotramiento del forjado en la cabeza de la viga, se enlazan ambos elementos por chaflanes. Junto con el de Fahala, existían en la línea Coín-Málaga otros cuatro puentes, que disponían de tramos rectos con vigas aligeradas de 26,40 metros de luz: el puente sobre el “Rio Viejo”, Guadalhorce, (3 tramos); el puente sobre el Rio Guadalhorce, (4 tramos), arroyo del Pedregal, (1 tramo) y arroyo del Valle, (1 tramo)⁵². Ninguno de ellos se conserva a día de hoy. El profesor Arenas, refiriéndose al puente del río Vélez, analizaba en el año 2002 los detalles de la armadura de estos tramos en los siguientes términos: (f. 25)

Se trata de una estructura de puente realmente seria (prevista además para cargas de ferrocarril, muy superiores a las de carretera), cuyos detalles de armado nos muestran una técnica del todo elemental e incipiente. Las diagonales traccionadas quedan armadas no con barras cilíndricas, sino con cuadradillos de acero dulce, cuyo anclaje en los nudos superior e inferior se resuelve, como se ve en la figura,

51 ZAFRA ESTEBAN, J.M., “Puentes de hormigón armado. . .”, art. cit., pag. 536.

52 A.H.F., Sig. A-0154-006.



25. Sección transversal y detalle de sección longitudinal de viga en celosía del puente sobre el río Vélez. Fuente: RIBERA DUTASTE, J.E., *Puentes de fábrica ...*, t. IV (*Obras Especiales*), pág. 40.

por medios mecánicos directos de doblado y cierre sobre sí mismos alrededor de un pivote transversal que se amarra a unas platabandas longitudinales de acero... En la que hay aspectos delicados, como es la transmisión de fuerzas de las diagonales a los cordones superior e inferior de la celosía, problema que hoy resolveríamos sin sombra de duda mediante conectadores soldados al acero. Pero estamos en 1907, donde abundan los grandes mercachifles del hormigón armado, frente a los cuales, y allí está su mérito, Zafra plantea unos planos del todo originales y cargados de sentido mecánico y de respeto a la realidad resistente⁵³.

No obstante, el uso del hormigón armado en las vigas trianguladas tenía y tiene inconvenientes. Entre ellos el hecho de que la economía en hormigón y acero se neutralizaría, en una proporción del 15 al 20%, por el coste de los moldes y de la mano de obra⁵⁴. Otro coste adicional hubo de ser la construcción de los andamios y cimbras para sostener el encofrado. Probablemente se utilizarían cimbras ya usadas en otros

53 ARENAS DE PABLO, J.J., *Caminos...* ob. cit., pp. 959-960.

54 RIBERA DUTASTE, J.E., *Puentes de fábrica y hormigón armado*, T. IV, ob. cit., pag. 43.

tramos similares construidos por Suburbanos, pero en cualquier caso, el sostén del encofrado hubo de ser difícil.

(f. 26) La plataforma, como dijimos, es la parte superior del puente sobre la que se establecen las vías. La plataforma del viaducto Fahala tiene un ancho de 4 metros y una longitud de 126,40 metros. Sobre la plataforma iban instalados directamente los raíles y las traviesas, pues en Fahala como en todos los puentes de la Colección Suburbanos, se suprime el balasto (capa de grava bajo las traviesas, cuya función es repartir la presión de las ruedas sobre la plataforma) Esto supuso en su momento una especial novedad en la ingeniería ferroviaria, (anotemos esta novena singularidad). La eliminación del balasto, supone una reducción de entre 15 y 20 cms. de altura en toda la longitud del puente, reduce considerablemente su peso muerto, —que Zafra, refiriéndose al puente sobre el río Vélez, calculaba en un 28%—⁵⁵, y minoraba su coste (recordemos: no grandes obras y economía en las indispensables). Los extremos de la traviesa se sujetaban al tablero con una brida o grapa cogida al mismo con mortero de cemento, si bien la experiencia demostró que tenían una delicada conservación. Este dispositivo fue empleado con éxito en muchas otras líneas ferroviarias de España, pero la polémica entre los especialistas sobre el uso del balasto no dejó de existir a lo largo de los años veinte del pasado siglo, siendo finalmente aceptada por la Dirección General de Obras Públicas en 1926⁵⁶.

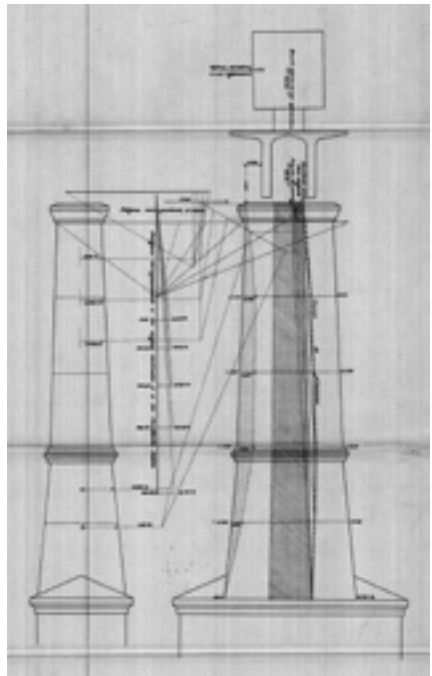
(f. 27) Las pilas del viaducto Fahala son troncopiramidales y de hormigón armado. Para romper decorativamente la uniformidad de sus paramentos las cuatro centrales presentan dos aristones en su

55 ZAFRA ESTEBAN, J.M., “Puentes de hormigón armado. . .”, art. cit. pag. 536.

56 RIBERA DUTASTE, J.E., *Puentes de fábrica. . .* T. I., ob. cit., pp. 231-232. v.: RIBERA DUTASTE, J.E., *Puentes de fábrica. . .* T.III., “Anteproyectos y puentes de fábrica”, Madrid, Librería Internacional de Romo, 1929, pp. 80-81.



26. Viaducto sobre el rio Fahala. Plataforma.
Fotografía: Guillermo Ordóñez Ordóñez.



27. Proyecto de viaducto sobre el rio Fahala. Alzado y sección de las pilas. Ingeniero: Francisco Echeopar Consiglieri. Fuente: A.G.A. Sig. 26-21705-00001.

fuste, uno de ellos formando capitel y el otro marcando la división entre los dos segmentos del mismo, el inferior más ataluzado que el superior. Las pilas centrales presentan macizos tajamares semicilíndricos con decoración de falsos sillares impresa en el hormigón. Tipológicamente las pilas son similares a las de otros puentes de Suburbanos que hemos visto.

De suyo los estribos solían ser obras costosas, por lo que resultaba más económico un estribo de mampostería u hormigón ciclópeo que de hormigón armado. Los estribos de hormigón armado, como es el caso de Fahala, exigían moldes y armaduras complicados para las paredes y tabiques verticales, de modo que en España, todavía en torno a 1929, no solían construirse estribos de hormigón armado⁵⁷. El tipo de estribo usado en Fahala es en realidad –y estamos ante la décima singularidad–, una estructura que en sí misma es a la vez cimiento, pilar y muro de contención, donde el contrafuerte, capaz de soportar tracciones, va por el lado del relleno con la ventaja de aprovechar, como peso estabilizante, el del propio contrafuerte que carga sobre la zapata de cimentación. Ello propicia que volumétricamente los estribos se reduzcan al mínimo imprescindible, pues los tramos rectos de 10 metros de luz existentes en cada uno de los extremos del viaducto se diseñaron, ya lo dijimos, para no tener que ejecutar los enormes y caros estribos habituales, con sus correspondientes terraplenes y grandes muros de acompañamiento, (muchos de ellos aligerados con arcos, como puede verse en la anterior fotografía del viaducto de Arroyo Hondo), máxime cuando las rasantes son altas, como es el caso de Fahala. En este sentido, anotemos que el puente del Arroyo del Pedregal (km. 21,486 de la línea), término de Alhaurín de la Torre, compuesto por un tramo de viga en celosía de 26,40 metros de luz, antes de su puesta en servicio ya presentaba una grieta de relativa importancia en uno de los arcos de aligeramiento del muro

57 Ibid, pag. 123.

de acompañamiento. Por tanto, retengamos esta originalidad de Fahala: estribos de hormigón armado, de muy pequeño volumen y supresión de muros de acompañamiento. Y recordemos: no grandes obras, economía en las indispensables y adecuación entre la forma, el material y la mecánica.

El viaducto Fahala ha estado abandonado desde que se autorizó en 26 de mayo de 1965 el levante parcial de la línea, sin que desde entonces, hace casi cincuenta años, haya tenido mantenimiento alguno. Pero esto no lo ha llevado a la ruina, como de hecho ha ocurrido en otros puentes. A simple vista no se observan flechas ni deformaciones, pero presenta otras patologías. La principal es la fisuración, una típica debilidad del hormigón armado, debido a su falta de resistencia a tracción. Las barras de acero liso empalmadas de las vigas de alma llena, tenían una adherencia pobre al hormigón. Por ello pueden observarse grandes desconchones en algunos puntos, normalmente en las zonas sometidas a tracción, concretamente en los nervios inferiores de las vigas, con lo que las armaduras han quedado a la intemperie y están en proceso de oxidación y corrosión. El deterioro es mucho más patente en las vigas en celosía que en las de alma llena, siendo la más dañada la última en dirección a Coín, sobre todo en su cara sur (f. 28). La misma patología cabe observar en todos los restantes puentes de la colección. Pero estas “heridas” tienen la peculiaridad de ser auténticos documentos históricos de la ingeniería ferroviaria; son, de ahí su importancia, una fotografía del estado de la técnica en 1913. En palabras del profesor Arenas:

Los problemas fundamentales, que ni Zafra resolvía, ni los ingenieros de hoy estamos en condiciones de afrontar satisfactoriamente, son los derivados del gran peso de los puentes de hormigón armado y de, al tiempo, la fisuración del hormigón en tensión y el empalme de las barras sometidas a tracción para resolver tramos de longitud aprecia-



28. Viaducto sobre el río Fahala. Fisuración del hormigón en una viga en celosía.
Fotografía: Guillermo Ordóñez Ordóñez.

ble. Problemas esenciales del hormigón armado, que han quedado resueltos....., con la técnica del pretensado. Pero no en la época en que D. Juan Manuel escribía sus libros y preparaba los tramos de la colección oficial. Mirado con ojos de hoy, el aire general del armado de estas piezas resulta sin duda arcaico. Pero al valorarlas hay que ser consciente de la época en que Zafra realiza este trabajo⁵⁸.

(f. 29) La notable altura del viaducto, el armónico ritmo de sus pilares, el verde y secreto paraje por el que transita y el juego cromático del sol del atardecer entre los recuadros de la celosía, son impre-

58 ARENAS DE PABLO, J.J., *Caminos...* ob. cit., pag. 962.



29. Viaducto sobre el río Fahala y entorno del valle.
Fotografía: Guillermo Ordóñez Ordóñez.

siones estéticas que en Fahala se suman a la sensación primaria que suscita todo puente: el embrujo del vuelo, la fascinación de alcanzar la orilla de lo desconocido, el poderío embriagante de franquear el abismo de la naturaleza mediante un artificio humano. En el viaducto Fahala, todo es estructura, apenas hay decoración. Ésta se limita a los aristones del fuste de las pilas o al adorno de falsos sillares de los tajamares. Forma artística y forma estático-resistente son, por tanto, una misma cosa; la técnica es la que provoca la expresión estética: su belleza surge de las líneas, de la proporción de masas y del ritmo de las formas. En el juego de volúmenes entre la infraestructura y la superestructura del viaducto, las pilas dan sensación de fuerza, de estructura *formácea*, masculina y robusta, sobre la que vuela el ligero pájaro de piedra artificial de los tramos rectos. La presencia

de esa mezcla de resistencia y ligereza, de potencialidad y gracilidad, tiene el sabor de muchas de las construcciones de la ingeniería de hoy. (f. 30) Asimismo, en los tramos rectos del viaducto hay un efecto estético en la alternancia entre viga llena y triangulada. Un juego visual entre la celosía –de mayor canto pero más transparente–, y la viga llena –de menor canto pero más opaca–, entre la delgadez de las extremidades y el mayor grosor del tronco del viaducto. En conjunto podemos apreciar también un razonable grado de esbeltez en todo el puente, o sea, una buena proporción entre la altura máxima, la luz y el canto de la viga. Por último, las pilas en número par (seis) cumplen el criterio clásico que estableciera Andrea Palladio para los puentes: “las pilas deben ser de número par, de modo análogo a como la naturaleza ha producido cosas para soportar pesos, como las piernas de los hombres y las patas de los animales”⁵⁹.

Todos estos parámetros estéticos no han pasado desapercibidos para los artistas y fotógrafos, que han fijado su mirada en este puente. Así ocurre en la fotografía del año 1917 inserta en el porfolio fotográfico de Andalucía, publicado por el editor catalán Alberto Martín (f. 31), un auténtico escorzo cinematográfico que nos brinda el contraste entre la mole arquitectónica del puente y el liviano curso de agua que traspasa. Dice su pie de foto: “Sobre el pequeño río Fahala cruza este hermoso puente, que corresponde a la línea del suburbano de Málaga a Coín”⁶⁰. Jeremy Wiseman, el curioso fotógrafo de los ferrocarriles de vía estrecha españoles, nos dejará también, en 16 de abril de 1961, una bella postal del “Tren-mixte pour Coin près d’Alhaurin el Grande” (f. 32). En el año 2002, el artista José Manuel García Agüera realizó, con motivo del IV Congreso

59 FERNANDEZ ORDOÑEZ, J.A., et al.: *Catálogo de puentes*. . . ob. cit., pag. 9.

60 Biblioteca Nacional de España, Sig. BA/5, 102.4, MARTÍN, A. (Ed.), “Alhaurín el Grande. Puente del ferrocarril. Vista del puente sobre el río Fahala del suburbano de Málaga a Coín”, *Portafolio fotográfico de Andalucía*, nº 76.



30. Viaducto sobre el río Fahala. Juego de volúmenes entre pilas y tramos rectos. Fotografía: Guillermo Ordóñez Ordóñez.



31. Vista del puente sobre el río Fahala del suburbano de Málaga a Coín, año 1917. Fuente: Biblioteca Nacional de España, signatura BA/5.102.4.



32. “Tren-mixte pour Coin près d’Alhaurin el Grande”, 16 de abril de 1961.
Fotografía: Jeremy Wiseman.



33. Cartel anunciador del 4º Congreso de Investigadores del Valle del Guadalhorce (24 a 26 de abril de 2002). Autor: José Manuel García Agüera.

de Investigadores del Valle del Guadalhorce, la primera recreación del viaducto basándose en la fotografía de 1917 (f. 33), a la que ha añadido recientemente otra con motivo de la exposición conmemorativa del centenario del ferrocarril Coín-Málaga, 1913-2013. (f. 34) Finalmente, Patricia Mancilla, en uno de los libros divulgativos editados también con motivo del centenario, realizó una interesante interpretación pictórica del viaducto. (f. 35)

Finalicemos. A lo largo de las páginas precedentes hemos intentado describir someramente los valores científicos, históricos, funcionales y estéticos que identifican esta obra pública y que merecen, creemos, una actuación protectora de la misma⁶¹. Y ello no por la melancólica visión que nos pueda producir una infraestructura viaria cristalizada, inerte y centenaria. Creemos haber podido demostrar que no estamos aquí ante una construcción que pertenezca a un ayer pasivo, sino ante algo que ya por entonces se asomaba al futuro y que, por eso mismo, nos sirve hoy para la incesante construcción del presente. No se trata meramente de conservar los monumentos del pasado, sino aquellos que mejor expresan las esperanzas de ese pasado. Parafraseando al profesor Fernández Ordóñez, podríamos decir que la sugerencia que emana de las grandes obras de ayer y de hoy, es la de que en esas grandes obras del pasado se adivina lo que está por venir y, a la inversa, de que en las grandes obras del presente se hace visible el pasado. Dicho en palabras de Marc Bloch: “el futuro que todavía no ha llegado se hace visible en el pasado, y el pasado, vindicativo y heredado, transmitido y cumplido, se hace visible en el futuro”⁶².

61 Para un análisis más extenso del viaducto Fahala, v.: GALLERO GALVÁN, V., “El viaducto ferroviario sobre el río Fahala”, *El ferrocarril Coín-Málaga. Ensayos para un centenario (1913-2013)*, Málaga, Diputación Provincial, 2013.

62 FERNANDEZ ORDOÑEZ, J.A., et al.: *Catálogo de puentes. . . ob. cit.*, pag. 11.



34. Cartel anunciador de los actos del centenario del ferrocarril Málaga-Coín (1913-2013). Autor: José Manuel García Agüera.



35. Viaducto sobre el río Fahala. Autor: Patricia Mancilla.

