

EL PATRIMONIO HISTORICO DE LAS OBRAS PUBLICAS Y SU CONSERVACION: LOS PUENTES

(THE HISTORICAL CIVIL WORKS PATRIMONY AND ITS CONSERVATION: THE BRIDGES)

Leonardo Fernández Troyano

560-26

RESUMEN

Existe en España un importante patrimonio histórico de obras públicas al que debe darse la debida atención en este aspecto.

Hasta finales del siglo XVIII la única técnica utilizada para hacer puentes durables era la de arcos de piedra. En nuestro siglo las exigencias del tráfico y las técnicas de construcción de puentes han variado radicalmente. Ello supone una variación de actitud respecto de los puentes históricos y obliga a optar por una de estas dos posibilidades:

- a) *Adaptarlos a las necesidades actuales del tráfico, lo que supone una transformación sustancial del puente con fuerte deterioro de sus cualidades formales.*
- b) *Sustituirlos por un nuevo puente. El puente antiguo se queda sin función y, por tanto, pierde su carácter de obra de ingeniería. En general se abandona totalmente, deteriorándose hasta su hundimiento.*

El estudio de estas opciones y de los problemas que se plantean en estos puentes es la intención fundamental del presente artículo.

SUMMARY

There exists in Spain an important civil works historical patrimony to which attention has to be paid.

Until the end of XVIII century the only technology to build durable bridges was the stone arch. In our century traffic necessities and technologies in bridge construction have changed significantly. This fact implies a change in mind about historical bridges and a decision between one of these possibilities:

- a) *An adaptation to new necessities with a substantial transformation of the bridge even in its formal characteristics.*
- b) *A substitution by means of a new bridge. The old bridge looses its function and is abandoned until final destruction.*

The object of this paper is to study both options and problems which arise from them.



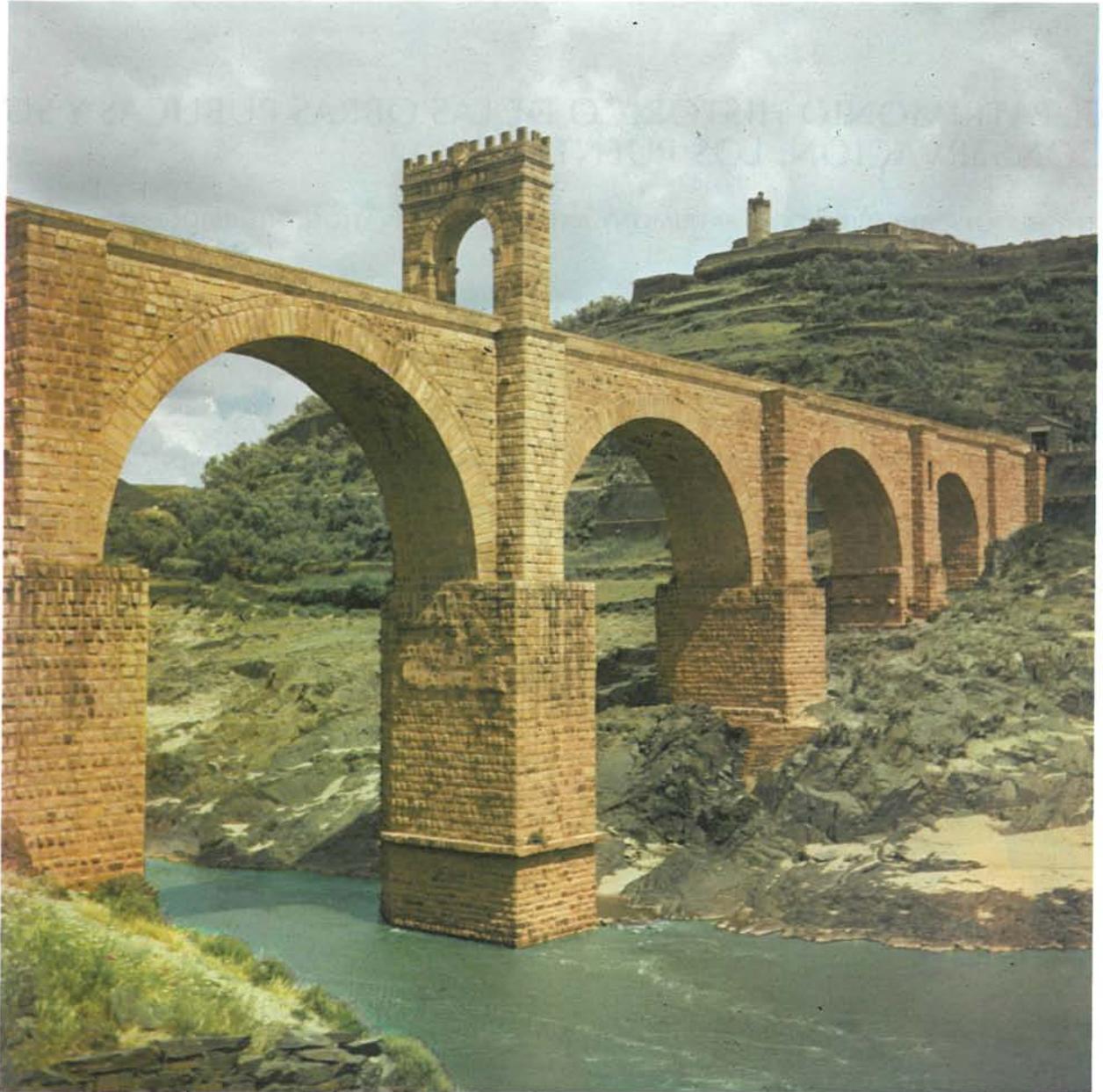
INTRODUCCION

El conocimiento de la historia de la ingeniería civil y de la situación actual de las obras históricas de ingeniería tiene dos aspectos fundamentales:

En primer lugar forma parte del conocimiento histórico y arqueológico, una de las ramas fundamentales del saber humano.

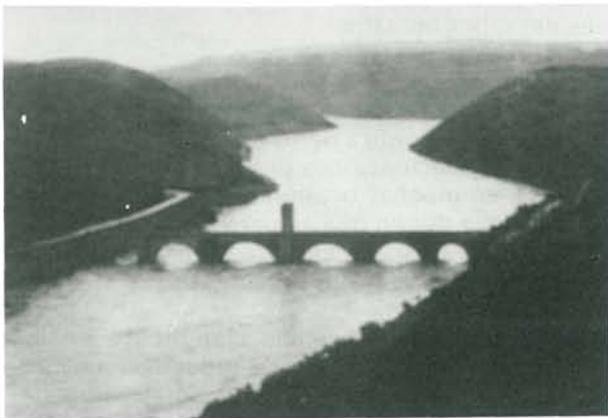
En segundo lugar es un conocimiento que debe estar presente en los ingenieros actuales, no sólo como dimensión genética de su propia actividad, sino porque en sus actuaciones profesionales van a encontrarse, en muchas ocasiones, con obras históricas en las que tienen que actuar y, por tanto, tomar determinaciones sobre ellas que pueden transformarlas sustancial e irreversiblemente.

Este problema se evidencia claramente en los puentes que, junto con los acueductos, constituyen probablemente el área mayor y más visible del

L-I.—PUENTE DE ALCANTARA SOBRE EL TAJO

1

2



3



L-I.—PUENTE DE ALCANTARA SOBRE EL TAJO

Entre los puentes españoles, el de Alcántara es el "puente por excelencia"; su nombre significa en árabe "el puente". Su envergadura, tanto por sus luces (la máxima es de 28,8 m) como por su altura (aproximadamente 40 m sobre el agua) y, sobre todo, su perfecta composición hacen de él un puente singular, no sólo entre los romanos o los españoles, sino entre todos los puentes del mundo de todas las épocas.

El nivel de aguas en avenidas muestra claramente que el puente es el estricto para la capacidad de desagüe necesaria (2).

Como la mayoría de los puentes históricos ha sufrido desperfectos por diversas causas, fundamentalmente por las guerras que pasaron por él: la Reconquista, la de Sucesión, la de Independencia y las civiles del siglo XIX; después de todas ellas fue necesario efectuar reconstrucciones que en general se hicieron con gran cuidado. La última reparación corresponde a la cimentación dentro del río que se encontraba en situación alarmante. Esta situación se observó y se solucionó cuando se dejó el río en seco durante la construcción de la presa de Alcántara (3).

Excepcionalmente es un puente muy documentado. Se conoce incluso el nombre de su autor y la fecha de su construcción (durante el imperio de Trajano) aunque estos datos ofrezcan dudas. Están bien documentadas las reconstrucciones.

Es monumento nacional por R.O. de 1924.

patrimonio histórico de las obras públicas; una proporción muy importante de ellos se encuentra todavía en servicio y han sufrido, y siguen sufriendo, transformaciones importantes para adaptarlos a las necesidades evolutivas del tráfico. El valor que se dé al conjunto de este patrimonio histórico, y en particular a la obra concreta en que se va a actuar, puede variar radicalmente la solución ingenieril al problema planteado. Se han hecho muchas barbaridades en las obras históricas a lo largo de los siglos y seguramente se han intensificado en los últimos tiempos por la transformación radical que ha sufrido el tráfico; por ello parece importante que la

administración de las obras públicas valore este patrimonio histórico como una parte de ellas que hay que cuidar y potenciar en todas sus dimensiones, y a la hora de actuar sobre las obras históricas, o en su entorno, deben considerarse como un factor fundamental a tener en cuenta.

Este problema se plantea con signos opuestos:

- A) La actuación sobre puentes históricos para adecuar sus características a las necesidades actuales del tráfico (ensanche del puente, variación de rasante, etc.); este tipo de transformación exige siempre un sacrificio de las cualidades formales del puente y, por tanto, hay que ser conscientes de que será siempre una actuación negativa, aunque pueda ser necesaria, o la mejor solución de las posibles.

Normalmente este tipo de actuación se ha planteado con la exclusiva intención de que el puente siga cumpliendo su función; pero este planteamiento debe ampliarse a la conservación o recuperación, en lo posible, del valor histórico artístico de la obra en que se actúa. Por el contrario, en cualquier tipo de actuación encaminada a la conservación o potenciación de estos valores, no debe olvidarse nunca que se trata de una obra de ingeniería y que, por tanto, fue realizada para una función concreta.

- B) La sustitución del puente antiguo por uno nuevo emplazado en un lugar más o menos próximo al anterior (la situación del puente nuevo respecto del antiguo es un problema fundamental a analizar); el puente primitivo se abandona a su suerte sin ninguna función y, por ello, se va deshaciendo poco a poco hasta su total destrucción sin que ningún organismo se ocupe de él, pues deja de formar parte de las obras públicas y, por tanto, en muchos casos se queda sin propietario, es decir, no depende de ningún organismo; en esta situación se encuentran la mayor parte de los puentes históricos que no están actualmente en servicio.

Los problemas anteriores se plantean principalmente en los puentes de piedra, aunque también es necesario tomar posición sobre el valor histórico y artístico de los primeros puentes metálicos y del comienzo del hormigón armado. Hay obras de ingeniería, sobre todo en zonas urbanas que, en muy poco tiempo, en menos de una generación, se convierten en algo característico de la ciudad o de su entorno; esta dimensión debe tenerse en cuenta a la hora de actuar en ellas.

Dentro del patrimonio histórico-artístico nacional, los puentes, salvo casos muy concretos, han estado siempre bastante relegados y mal estudiados. No hay más que ver la falta de criterio global seguido para hacer monumentos nacionales a algunos puentes:

L-II.—PUENTES ROMANOS

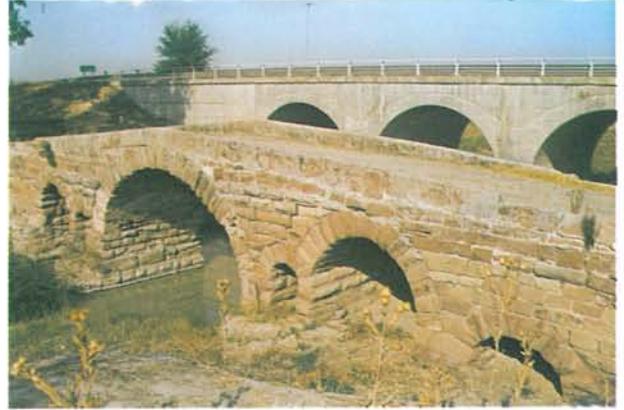
1



2



4



5



6



L-II.—PUENTES ROMANOS

Presentamos aquí seis ejemplos de puentes romanos clásicos, tres de ellos de gran tamaño y tres de tamaño pequeño, aunque de composición y ejecución muy perfectas.

(1) *Puente de Mérida sobre el río Guadiana. El puente de Mérida en su conjunto tiene una longitud aproximada de 720 m y está compuesto por tramos de diversas épocas, partiendo de tres puentes independientes de la época romana que fueron rectificándose y enlazándose. El tramo más próximo a la ciudad es el más perfecto y mejor conservado. El puente pertenece a la vía 10 "Item ab Hispali Emeritam", del Itinerario de Antonino, que es parte de la vía de la Plata.*

(2) *Puente de Salamanca sobre el río Tormes. Está formado por un tramo romano de 11 arcos y un tramo del siglo XVII de 15. Es posterior al puente de Mérida y de concepción muy distinta. Pertenece a la vía 24 "Item ab Emerita Cesaraugustam" del Itinerario de Antonino, también de la vía de la Plata.*

(3) *Puente de Andújar sobre el río Guadalquivir. El puente romano se prolonga también mediante un tramo del siglo XVIII en margen derecha y otro del siglo XIX en margen izquierda, en sustitución de los arcos romanos volados en la guerra de la Independencia. Los grandes tajamares están realizados en época posterior. Pertenece a la vía 3 "Item a Corduba Castulone" del Itinerario de Antonino que corresponde a la vía Augusta, entre las mansiones de Virgaone e Iliturgis.*

(4) *Puente de Villa del Río, sobre el arroyo Salado de Porcuna. Es uno de los puentes más originales y perfectos de composición de los romanos españoles. Se encuentra abandonado al lado de la carretera de Madrid a Córdoba. Sería muy fácil incluirlo en un área de parada en condiciones. Pertenece a la vía 3 "Item a Corduba Castulone" del Itinerario de Antonino que corresponde a la Vía Augusta, entre las mansiones de Calpurniana y Virgaone.*

(5) *Puente de Luco, sobre el río Jiloca. Es un puente en lomo de asno con una luz de 11,50 m. Es una composición muy clásica romana en todo el Imperio. Se encuentra en la vía 31 "Item a Laminio alio Itinere Cesarea Augusta" del Itinerario de Antonino, o en sus proximidades, entre las mansiones de Carae y Sermonae.*

(6) *Puente de Cihuri, sobre el río Tirón. Destaca en este puente la boquilla sobresaliente del arco principal y la extraordinaria esbeltez de la pila de margen izquierda; el arco apuntado de esta margen parece reconstruido. El nuevo puente que lo sustituye está excesivamente próximo a él. Se encuentra en la vía 1 "de Italia in Hispanias" del Itinerario de Antonino o en sus proximidades, dependiendo de la margen en que se encuentren las mansiones de Lybia y Tritio, entre las que está situado. Su estado es muy alarmante por el deterioro de los sillares; necesita una reparación urgente.*

Es monumento nacional el puente de Agoncillo, sobre el río Leza, cerca de Logroño, del que no quedan más que pocos restos y, sin embargo, no lo son el puente de Capella sobre el Isábena, el puente de Castellbell i el Vilar sobre el Llobregat, el puente de Almaraz sobre el Tajo, el puente de Galisteo sobre el Jerte y muchos otros que son fundamentales en la historia del puente en nuestro país.

Pero a pesar de esta situación es necesario reconocer que, todas las restauraciones y reconstrucciones

de puentes realizadas por motivos histórico-artísticos, han sido hechas desde Bellas Artes u organismos análogos (Puente de Besalú sobre el Fluviá, Frias sobre el Ebro, San Juan de las Abadesas sobre el Ter, Toro sobre el Duero, puente del Diablo en Martorell sobre el Llobregat, etc.) y, en muchas ocasiones, han conseguido mantener la integridad de puentes históricos incluso frente a organismos de Obras Públicas.

ESQUEMA HISTORICO DE LOS PUENTES ESPAÑOLES

Los puentes son parte de las Obras Públicas y, más concretamente, de la red viaria del país; por ello toda política de construcción de puentes es función exclusiva de los planes de construcción de infraestructura del transporte; de la misma forma su Historia es parte de la Historia de los caminos y no puede separarse de ella. Pero como problema ingenieril los puentes forman un capítulo aparte; su función es muy concreta y muy simple: materializar la plataforma del camino sobre el río; una vez definida geoméricamente esta plataforma el problema del puente nada tiene que ver con la ingeniería vial.

En la iniciación de los puentes de piedra las dificultades que se planteaban en su construcción eran muy grandes y, en cambio, las exigencias funcionales del camino eran mínimas; por ello el puente mandaba sobre el camino, situándose a priori en el cruce más conveniente del río por facilidad de construcción y definiéndose a posteriori el trazado del camino. A lo largo de la historia este planteamiento ha ido evolucionando a medida que se dominaba más la técnica de los puentes y crecían las exigencias funcionales del camino. Actualmente la situación es inversa a la inicial: el puente se acopla al trazado definido a priori, aunque éste no debe olvidar que los cruces de los ríos son un condicionante sustancial en su planteamiento.

La ingeniería civil en la Historia, hasta la Revolución Industrial, se ha limitado prácticamente a los siguientes campos:

- Ingeniería de comunicaciones: Vías terrestres y obras de abrigo y atraque en los puertos.
- Obras hidráulicas: Fundamentalmente para abastecimiento de aguas y regadíos.

En toda esta época de la historia, el único material utilizado para realizar obras durables era la piedra.

La construcción de obras públicas, con idea de permanencia, puede decirse que se inicia con los romanos, en cuya época se produce un desarrollo espectacular que en muchos aspectos no se supera hasta la Revolución Industrial, en la que se produce un nuevo desarrollo, de igual o mayor importancia que el de la época romana.

L-III.—PUENTES DE LA CUENCA DEL LLOBREGAT

Los puentes de Monistrol (1 y 4) y Castellbell i el Vilar (2), sobre el Llobregat, y el del Diablo, en Cardona (3), sobre el Cardoner. Forman un conjunto singular por su buena factura y la importancia de sus luces. El arco principal del puente de Monistrol (el de margen derecha que es el único original) tiene una luz de 37 m, una de las mayores de los puentes de piedra españoles; el puente de Castellbell i el Vilar, el mejor conservado de los tres, tiene una luz máxima de 30 m, y el arco mayor del puente del Diablo tiene una luz cercana a las anteriores. Este último tiene un quiebro en planta entre los dos arcos que quedan en pie de los que sólo quedan los arcos exentos.

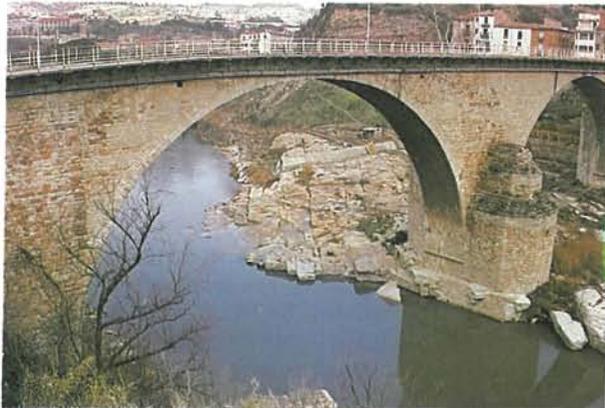
La analogía principal entre ellos es la perfecta geometría de los arcos, su doble rosca en los de mayor luz y, sobre todo, el despiece de los arranques, con sillares horizontales hasta aproximadamente 30° donde empiezan las dovelas radiales.

El puente de Monistrol es Monumento Nacional por Decreto de 1931.

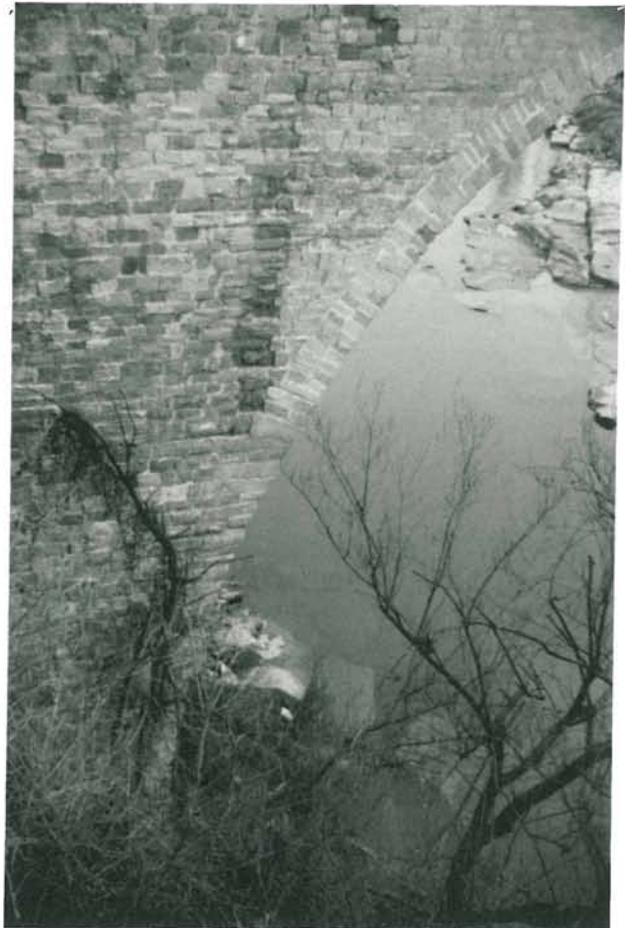
3



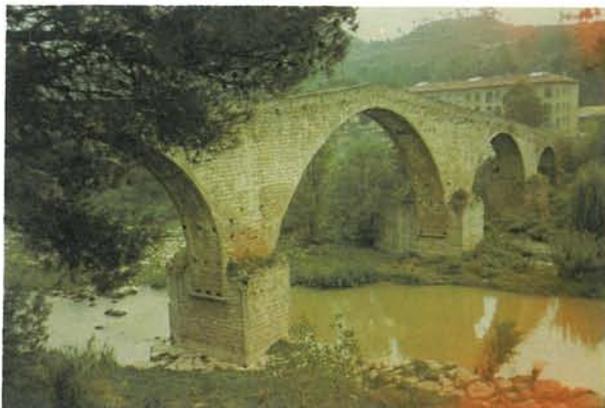
1



4



2



Los dos aspectos más importantes de la ingeniería romana son:

- A) Las comunicaciones terrestres.
- B) Las obras hidráulicas.
- Las *comunicaciones* se materializan en la red de calzadas extendidas en todo el Imperio. Uno de los planteamientos más claros del Imperio Romano es que, para su pervivencia, necesitan mantener vías de comunicación permanentes. Los elementos claves para mantener esta permanencia son:

En primer lugar, los puentes que permiten el paso en todo momento de los ríos; los caminos pueden encontrarse en peor o mejor estado pero, de cualquier forma, son transitables; ahora bien, un río grande o crecido no siempre es vadeable.

En segundo lugar, las mansiones situadas a lo largo de todas las vías principales que permiten al viajero resolver durante el viaje todas las necesidades que se le plantean.

El puente se convierte para los romanos en el elemento fundamental de las vías de comunicación y, por ello, llegan a hacer obras de la categoría del puente de Alcántara sobre el Tajo, o el de Mérida sobre el Guadiana; pero aunque los puentes adquieren una dimensión monumental, su planteamiento es fundamentalmente ingenieril; la altura y dimensiones del puente de Alcántara parecen deberse a una intención monumental, pero los niveles de avenidas del Tajo indican que el puente tiene la altura estricta para permitir el desagüe del río.

Puentes clásicos romanos, además del de Alcántara y el de Mérida, son los siguientes:

El puente de Salamanca sobre el río Tormes que, quizá con los dos anteriores, son los tres puentes fundamentales y mejor conservados de esta época.

El puente de Córdoba sobre el Guadalquivir que, debido a las muchas transformaciones y reconstrucciones que ha sufrido, resulta difícil saber lo que queda del puente original.

Otro de los grandes puentes romanos es el de Andújar, también sobre el río Guadalquivir.

Puentes de menor tamaño, pero de morfología claramente romana, son los de Cihuri sobre el río Tirón, el del Luco sobre el río Jiloca y el de Villa del Río sobre el arroyo Salado de Porcuna.

En la última época del Imperio se construyó el puente de Alconetar sobre el Tajo, con arcos

muy rebajados, del que sólo quedan dos arcos originales.

Son muchos los puentes romanos existentes en España, aunque en muchos de ellos no quede prácticamente nada original, ni real ni morfológicamente, pues han sido reconstruidos en sucesivas épocas, muchas veces sin ningún parecido con la obra original, como es el caso del puente de Valdestillas sobre el río Adaja, reconstruido en ladrillo sobre arranques de piedra que parecen romanos.

- Las *obras hidráulicas* romanas son menos conocidas en general, aunque dos de las obras romanas más famosas del mundo sean los acueductos de Pont de Gard y de Segovia.

El desarrollo de la ingeniería hidráulica en la época romana se produce en campos muy diversos: desecación de zonas pantanosas, regadíos, abastecimientos de agua y obras de saneamiento en las grandes ciudades mediante redes de cloacas en túnel que desaguan en los ríos.

Las distintas conducciones de abastecimiento a Roma, o las españolas de Mérida, Segovia, Toledo y Cádiz con 75 kilómetros de longitud, tienen una envergadura no superada hasta épocas recientes. El abastecimiento de Sexi (actualmente Almuñecar) no es de las más grandes, pero presenta todas las posibilidades de la ingeniería en la conducción de aguas: presa de derivación, canal rodado, túnel de trasvase, acueductos y sifón con 38 m de carga.

Seguramente es en las obras hidráulicas donde la ingeniería romana tiene un nivel de desarrollo que, en algunos aspectos, no vuelve a producirse hasta el siglo XVIII. Las vías de comunicación, en cambio, vuelven a resurgir en la época medieval y se construyen puentes de valor análogo a los romanos; tanto en calidad como en cantidad esta época es comparable a la del Imperio, aunque a lo largo de la historia se ha producido siempre una potenciación de la ingeniería romana con un carácter casi legendario, considerándose romanos muchos puentes cuyo origen es dudoso, y otros que claramente no lo son.

Como ejemplo de puentes cuya romanidad es muy dudosa pueden citarse los de la Calzada de la Fuenfría: son excesivamente anchos para ser romanos, son bóvedas oblicuas, lo que tampoco parece propio de los romanos, y, por último, su construcción es muy tosca; estas tres razones son suficientes para dudar de su origen. Pueden haberse realizado en cualquier época, pues este camino fue la comunicación de Madrid con Segovia hasta Carlos III.

El puente sobre el barranco de Aluenda, en la vía de Bilbilis a César Augusta, por el tipo de sillería no es

L-IV.—PUENTES DEL PIRINEO ARAGONES

El desarrollo del románico en el Pirineo se refleja también en los puentes; existen muchos de esta época desde el Pirineo Navarro al Pirineo Catalán, la mayoría de una perfección extraordinaria. Dos de las cuencas con mayor número de ellos son las del Aragón y del Esera, en el centro del Pirineo.

(1) Puente de San Miguel, en Jaca, sobre el río Aragón. Tiene una luz máxima de 22 m y es monumento nacional por Decreto de 1943.

(2) Puente de Capella, sobre el río Isábena. Es la más perfecta composición de puente en lomo de asno con arcos decrecientes que conocemos.

(3) Puente del Diablo, sobre el Esera. Se encuentra en el desfiladero aguas abajo del pantano de Graus. Está abandonado sin posibilidad de acceso y ahogado por el nuevo puente construido inmediatamente aguas arriba.

(4) Puente de Besians sobre el río Esera.

Todos estos puentes se conservan bien sin haber sufrido transformaciones de importancia.

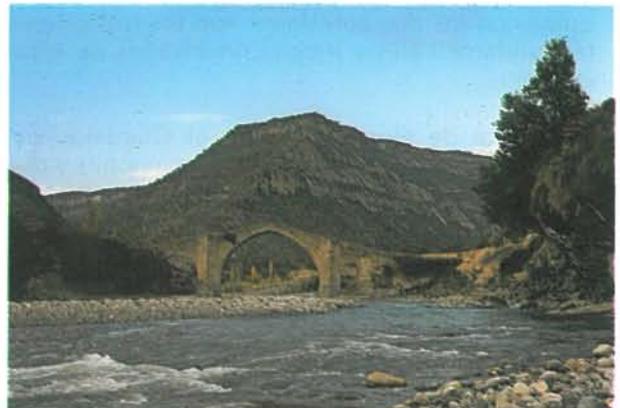
1



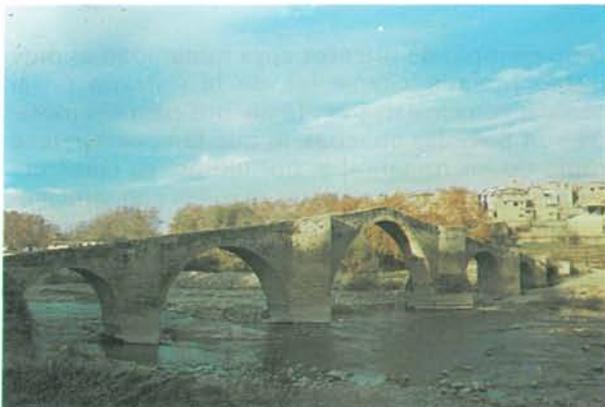
3



4



2



de origen romano y, sobre todo, tiene una inscripción en la clave que no pudimos leer por la altura a que se encuentra, pero sobre la que puede verse fácilmente una cruz.

El grupo de puentes formado por el de Moristrol sobre el río Llobregat, del que sólo queda un arco original; el de Castellbell i el Vilar sobre el mismo río y el del Diablo de Cardona sobre el Cardoner, pertenecen probablemente a una misma época por la similitud morfológica de los arcos; seguramente son de origen medieval, pues el tipo de pilas y, fundamentalmente el despiece de las dovelas de los arcos, así parecen indicarlo.

La construcción de puentes no sufre cambios esenciales hasta la iniciación de los puentes de hierro a finales del siglo XVIII; existe una evolución de formas y estilos y una potenciación de las posibilidades estructurales: Los puentes romanos llegan a una luz máxima de 43 m (puente Narni, Italia); en la Edad Media se llega a una luz de 72 m (puente Ada en Trezzo, Italia), y el mayor puente de piedra es el de Syvatal, en Plaven (Alemania), construido en 1903 con una luz de 90 metros.

En la Edad Media se construyen innumerables puentes en España, fundamentalmente en la mitad norte del país. Un desarrollo importante de la construcción de puentes durante esta época se produce gracias al camino de Santiago con sus distintos itinerarios. Como ejemplos pueden citarse el puente de la Reina sobre el río Arga, el puente de la Magdalena en Pamplona sobre el mismo río, y el puente de Hospital de Orbigo sobre el río Orbigo, célebre por el «Paso Honroso» de Suero de Quiñones.

En la Edad Moderna existen dos momentos de máximo desarrollo en la construcción de caminos y, por tanto, de puentes: El primer período corresponde fundamentalmente al reinado de los Reyes Católicos y, ya con menos intensidad, al reinado de Carlos I. Como ejemplos de puentes construidos en esta época pueden citarse el de Galisteo sobre el Jerte, el puente nuevo de Plasencia sobre el mismo río, el de Cabezón de Pisuerga sobre el Pisuerga y el puente de Almaraz sobre el Tajo.

El segundo período corresponde al reinado de Carlos III, en el que se realizan muchas de las carreteras principales de la red viaria actual, cuyos trazados se conservan en líneas generales hasta nuestros días. Este desarrollo corresponde a un plan estudiado en el reinado de Fernando VI, pero durante este reinado las realizaciones fueron mínimas. En este plan se creó la organización radial de nuestras carreteras que perdura hasta el momento actual.

Este impulso en la construcción de caminos se refleja en los puentes cuya construcción se desarrolla extraordinariamente, tanto en cantidad como en calidad. Ejemplos clásicos de esta época son el puente de Retamar sobre el Guadarrama, en el

nuevo camino al Escorial, el puente largo del Jarama en Aranjuez, el puente de Viveros sobre el Jarama en San Fernando, el puente de Molins de Rei sobre el Llobregat, destruido en los años 70, el puente de Alcolea sobre el río Guadalquivir, el puente nuevo de Ronda sobre el río Guadalevín, etcétera.

Posteriormente, a finales del siglo XVIII y principios del XIX, aparecen con gran profusión los arcos rebajados, terminándose con ellos los puentes de piedra, en el siglo XX, al generalizarse los puentes de hormigón.

Existen puentes de piedra característicos de distintas épocas con diferentes estilos, pero en una proporción muy grande no tienen un estilo claramente definido; este problema, sumado a que muchos de ellos han sufrido reconstrucciones, reparaciones y adiciones en distintas épocas por diversos motivos, hace muy difícil en la mayoría de los casos averiguar su origen sin datos documentales pero, en general, la documentación es bastante escasa, fundamentalmente en lo que se refiere a la Edad Antigua y Media, salvo en casos aislados de puentes en ciudades o puentes muy característicos. Como ejemplo de esta dificultad en el conocimiento de la época de construcción pueden analizarse los puentes de arcos apuntados, característicos del gótico, que posiblemente aparecen en los puentes romanos aunque esta hipótesis sea dudosa; la razón del apuntamiento de los grandes arcos puede deberse a los problemas que se producían por deformación de la cimbra. Un caso claro de este tipo, y polémico en cuanto a su origen, es el puente de Cangás de Onís sobre el río Sella, que se cita como puente romano o como puente medieval; lo que sí parece claro es que el arco principal no ha sufrido reconstrucciones. Los puentes medievales de arcos apuntados se construyen simultáneamente a puentes de medio punto y, por ello, no definen una época exclusiva. Ejemplo de puentes de arcos apuntados son el puente de Garray y el puente de Tordesillas, ambos sobre el Duero.

Como resumen de la historia de los puentes de piedra puede decirse que es el único sistema estructural durable utilizado desde los romanos hasta finales del siglo XVIII. Posteriormente se siguen construyendo puentes de este tipo hasta principios del XX, pero coexistiendo con otros tipos y materiales. Desde los romanos al siglo XVIII el otro sistema estructural utilizado para la construcción de puentes es el de vigas de madera, que, salvo casos aislados de puentes en celosía, se utilizaba en puentes pequeños y su duración era limitada.

El puente metálico se inicia en Inglaterra a finales del siglo XVIII y adquiere un rápido desarrollo en toda Europa. Entre el puente de Coalbrookdale, de 30 m de luz, y el puente de Firth of Forth, con 521 m, transcurre tan sólo un siglo.

L-V.—PUENTES DEL ARGA

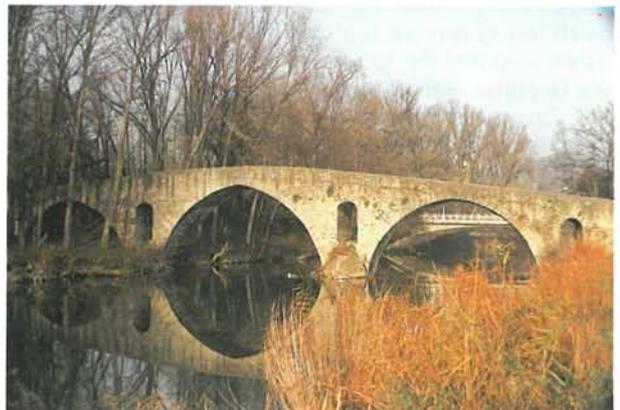
1



2



3



L-V.—PUENTES DEL ARGÁ

Puente la Reina (1) es el puente románico más importante de todos los españoles y ha sido un hito fundamental y emblemático del Camino de Santiago. Tiene una luz máxima de 21,30 m.

Construido en el siglo XI, durante el reinado de Sancho el Mayor, se ha conservado perfectamente a lo largo de la Historia. Recientemente se ha reconstruido la torre de entrada en la ciudad en el extremo izquierdo del puente.

El puente de la Magdalena, en Pamplona (2 y 3), es similar al anterior aunque de menor envergadura; su construcción se atribuye al siglo XIV. Este puente fue ensanchado mediante voladizos de hormigón con tornapuntas metálicas que se mantuvieron hasta la construcción del puente de la Chantrea, situado aguas abajo a unos 100 m de distancia. Este nuevo puente permitió la restauración del anterior, suprimiendo los voladizos y reconstruyendo los pretilos. Actualmente se utiliza para tráfico peatonal.

Ambos puentes son un ejemplo de buena conservación y monumentos nacionales por Decreto de 1931 el primero y de 1939 el segundo.

En esta época se desarrollan todos los sistemas estructurales que se utilizan en nuestros días: vigas trianguladas, vigas en cajón, puentes colgados, puentes atirantados, etc., si bien es cierto que casi todos estos sistemas han tenido precedentes: las estructuras trianguladas de madera, utilizadas incluso en puentes, y los puentes colgados y atirantados realizados con lianas o cuerdas de cáñamo.

El desarrollo de cada morfología de puentes es en general muy rápido, llegando a un nivel de madurez a partir del cual los avances son bastante reducidos y espaciados.

El siglo XIX puede considerarse como la época más fecunda y brillante de la construcción de puentes en el mundo; no así en España, que, como en todas las ramas de la ingeniería, se queda prácticamente al margen de la Revolución Industrial.

El desarrollo de las demás actividades de la ingeniería se produce en paralelo, fundamentalmente por la construcción de los ferrocarriles, de los grandes canales de navegación y de los puertos para los grandes barcos.

El siguiente cambio importante se debe a la aparición del hormigón armado a finales del siglo XIX, que genera un nuevo desarrollo de la ingeniería civil, cambio que sufrió un nuevo impulso con la aparición del hormigón pretensado, cuyo desarrollo se produce después de la segunda guerra mundial.

De este breve esquema de la historia del puente pueden destacarse varios aspectos:

Existen puentes de piedra desde los romanos hasta el siglo XIX, de los cuales la mayor parte está en uso.

En muchos de ellos es muy difícil determinar su época de construcción, fundamentalmente entre los puentes romanos y medievales.

Existen cuatro épocas fundamentales en la construcción de puentes de piedra: Los puentes romanos, los puentes medievales, los puentes del siglo XVI y los puentes de Carlos III.

En el siglo XIX y principios del XX existen en España pocas obras con el nivel de las realizadas en el resto del mundo, aunque existe un conjunto más numeroso que puede tener importancia para la historia del puente en nuestro país.

DIALECTICA ENTRE EL CARACTER MONUMENTAL Y SU FUNCION ACTUAL EN LOS PUENTES HISTORICOS

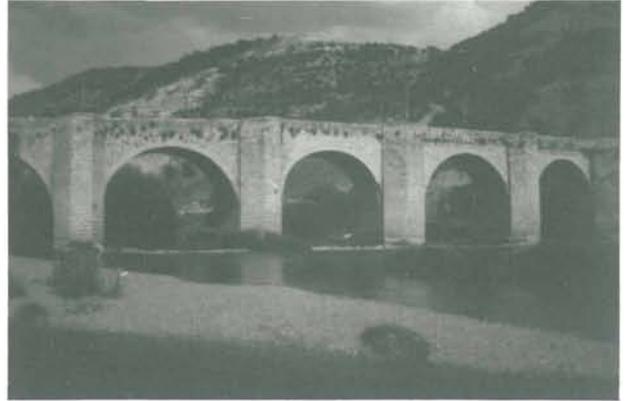
Los puentes históricos, en la mayoría de los casos, se han seguido utilizando hasta nuestros días. De esta forma se han mantenido vivos y se han restaurado sucesivamente para que siguieran cumpliendo su función. La mayoría de ellos han sufrido reconstrucciones o reparaciones importantes, pues el medio natural en que se encuentran es agresivo: los ríos en general, y en particular los de nuestro país, tienen avenidas fuertes que pueden producir en los puentes roturas totales o parciales. Hay que considerar, además, que las cimentaciones de los puentes planteaban problemas difíciles de resolver con los procedimientos utilizados hasta el siglo XIX, fundamentalmente por la profundidad de los acarrees que existen en las terrazas cuaternarias; el procedimiento que existía para realizar cimentacio-

L-VI.—PUENTES DEL SIGLO XVI

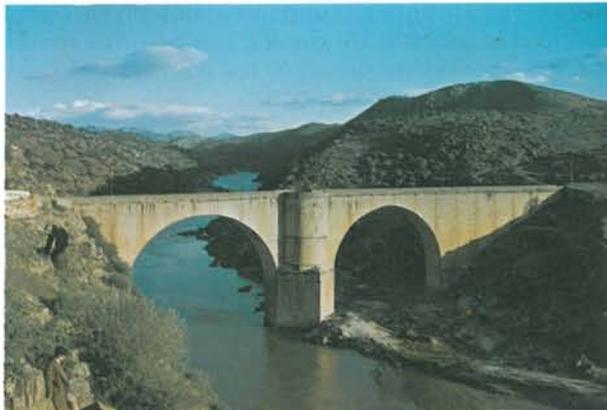
1



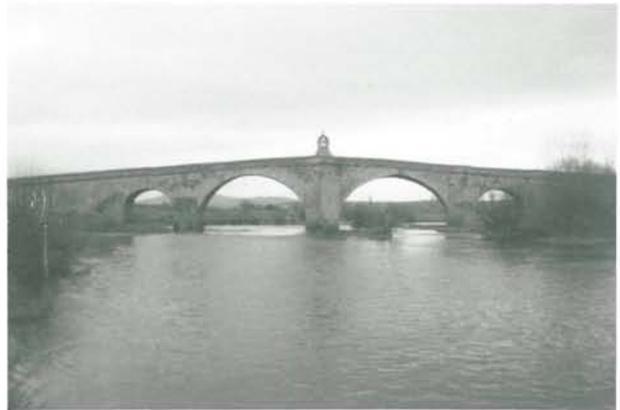
2



3



4



5



6



L-VI.—PUENTES DEL SIGLO XVI

(1) *Puente nuevo de Plasencia, sobre el Jerte. Construido en 1512 por el maestro Rodrigo Alemán, según lápida que estaba situada en la clave del arco central. Su composición es la clásica de los puentes en lomo de asno.*

(2) *Puente de Cabezón de Pisuerga, sobre el río Pisuerga. Construido en 1536. Tiene nueve arcos, cuatro de ellos ojivales probablemente aprovechados de un puente anterior; los cinco restantes son de medio punto, con los arranques muy elevados respecto del inicio de las pilas. De esta misma morfología existen muchos puentes en esta zona, probablemente de la misma época: Puente de Cordovilla la Real, sobre el Pisuerga (5), declarado monumento local de interés histórico artístico; puente de Quintana del Puente sobre el Arlanzón o el puente de Quintanilla de Abajo sobre el Duero (6). Este último se construyó en época de los Reyes Católicos, según P. Alzola, pero según P. Celestino Espinosa es un puente del siglo XVIII; su composición es la inversa del lomo de asno: los arcos son decrecientes del centro a los extremos pero al mantenerse la rasante horizontal se van elevando los arranques de los arcos.*

(3) *Puente de Almaraz, sobre el Tajo. "Esta puente la hizo la ciudad de Plasencia acabose año 1537 reinando Cesar Aug-Carlos V Emperador: Fue maestro Pedro de Uria", según inscripción debajo del escudo imperial en el tambor de aguas arriba. Tiene dos arcos, el menor de 33 m de luz y el mayor de 38 m que, con el puente de Orense sobre el río Miño, son los mayores arcos de piedra en España (las luces de ambos varían según los autores). Sorprende la forma de medio punto del arco mayor y la de apuntado del menor; el mayor fue volado en la guerra de la Independencia y reconstruido en 1845; no sabemos si originalmente eran los dos apuntados.*

(4) *Puente de Galisteo, sobre el Jerte. Construido en 1546, costado por García Fernández Manrique, según lápida situada en el templete del centro del puente. Tiene siete arcos, pero la composición de la zona principal consiste en dos arcos gemelos con vértice del suave lomo de asno en la pila central donde se sitúa el templete. Organización, por tanto, de arcos pares, tan denostada por los partidarios de recetas, pero utilizada en puentes de la categoría de Alcántara, Almaraz y éste mismo.*

nes profundas era mediante pilotes hincados de madera, lo que no permitía grandes profundidades. Esta deficiencia se ha manifestado en muchos casos, produciéndose hundimientos de pilas en las grandes crecidas al llegar la socavación a más profundidad que las cimentaciones. El problema de la socavación, sumado a las variaciones de posición del cauce, se ha visto agravado en muchos ríos españoles por la incontrolada saca de arenas, que ha dejado en precario muchas cimentaciones y ha producido hundimientos en épocas recientes de puentes que se habían mantenido en pie a lo largo de muchos siglos.

El río no produce agresión únicamente a la cimentación, sino que por muchas causas puede terminar arrancando sillares o dovelas, afectando directamente a la superestructura del puente.

Al producirse un hundimiento parcial o total del puente caben dos caminos: en unos casos se abandona totalmente, lo que ha ocurrido en muchas ocasiones y existen muchos ejemplos de ello: el puente de Mantible sobre el río Ebro, el puente de Udrión sobre el río Nalón, el puente de Cardona sobre el Cardoner, el puente de Alange sobre el río Matachel o el puente del Conde sobre el río Tajo, son casos de abandono de puentes parcialmente hundidos; en otros, el hundimiento ha sido más completo, como el puente de Pont de Bar sobre el Segre, destruido en la riada de 1982, del que prácticamente no ha quedado ningún vestigio; el puente existente no era el original del siglo XI, construido por San Armengol (que murió ahogado durante la construcción al caerse al río), sino que era una reconstrucción del siglo XVII, después de hundirse el original. Pero en la mayoría de los casos el puente seguía siendo útil y por ello se reconstruía la parte hundida para seguirse utilizando.

Por tanto, este carácter de elemento vivo, ha sido beneficioso para los puentes históricos pues, de otra forma, la mayoría de ellos hubieran desaparecido.

Hay muchos puentes que por estos problemas han sufrido reparaciones casi continuas a lo largo de la historia. Un ejemplo clásico de este comportamiento es el puente de Piedra de Zaragoza, que se ha reconstruido en innumerables ocasiones. Por ello resulta inexplicable, e inadmisiblemente, la decisión que se tomó con el puente de Molins de Rei, construido en la época de Carlos III, que se demolió en su totalidad en los años 70 porque una riada del Llobregat derribó una pila con los arcos adyacentes. El hundimiento de la pila se produjo en este caso por descalce en una riada, al encontrarse las cimentaciones en precario debido a la saca de arenas realizada en el Llobregat, aguas abajo del puente. Una de las razones con la que se intentó justificar esta destrucción era la imposibilidad de resolver la ampliación de la carretera existiendo el puente antiguo, pues no había posibilidad de variar la traza, lo cual no parece defendible en una zona semiurbana no consolidada como era la del entorno.

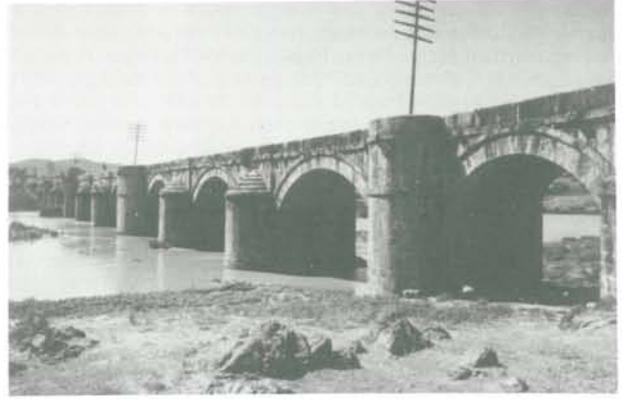
Pero este carácter de elemento vivo en las vías de comunicación tiene también aspectos negativos, porque las exigencias del tráfico han variado a lo largo de la historia y, por ello, los puentes se han ido reformando para adaptarlos a las nuevas condiciones de uso. Los cambios más importantes han sido las variaciones de rasante y las ampliaciones de anchura; éstas se han producido en todas las épocas de la historia pero, actualmente, las características del tráfico han variado radicalmente la geometría de las carreteras en lo que a anchos y rasantes

L-VII.—PUENTES DE CARLOS III

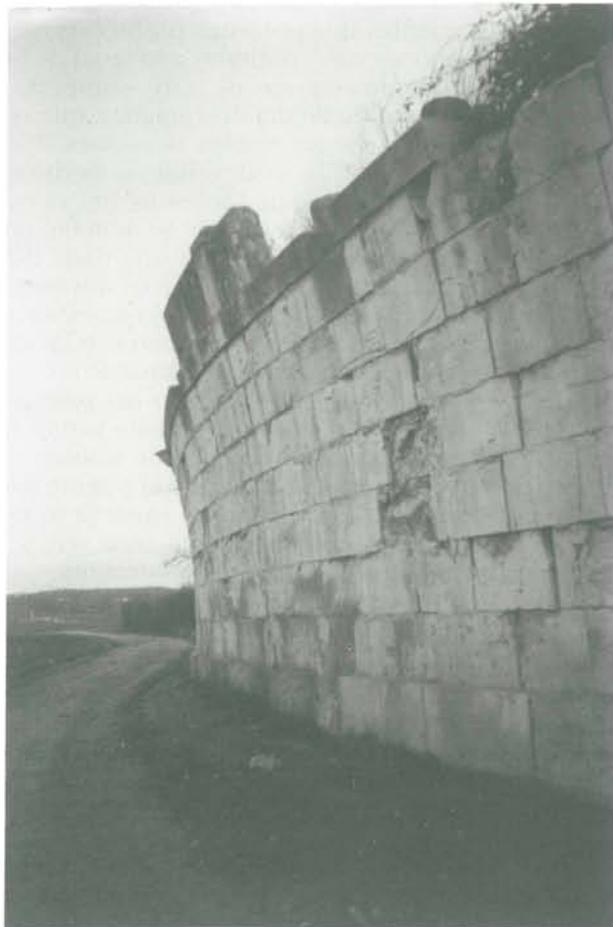
1



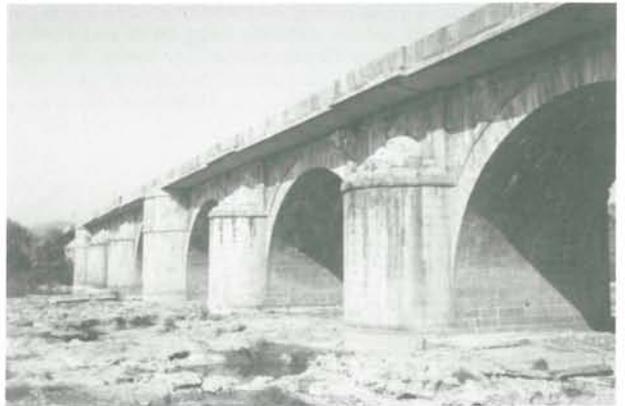
3



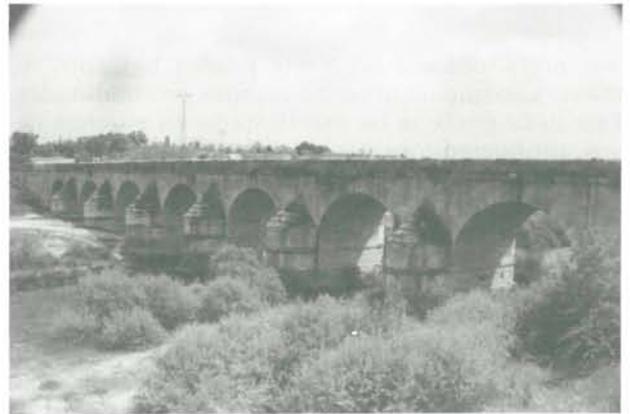
2



4



5



L-VII.—PUENTES DE CARLOS III

(1) *Puente largo sobre el Jarama, cerca de Aranjuez. Construido en 1761 por Marcos de Vierma, según inscripción a la entrada del puente. Tiene veinticinco arcos de 8,36 m de luz. Las ocho pilas de margen izquierda y las tres de margen derecha tienen tajamares aguas arriba y abajo; debieron corresponder a la zona de paso del río. El resto de las pilas no tiene, limitándose a machones planos en ambos paramentos. Es un puente extraordinariamente cuidado, incluyendo los acompañamientos. En la margen derecha hay dos grandes tambores cuyos muros tienen un desplome extraordinario, tanto que parece hecho ex profeso (2).*

(3 y 4) *Puente de Alcolea, sobre el río Guadalquivir. Construido de 1778 a 1792. Tiene veinte arcos con un ritmo de pilas muy singular pues en una de cada tres prolonga el tajamar hasta el tablero y, en las dos intermedias, los tajamares se rematan a la altura de los arranques de los arcos con un sombrero. Las fotografías están hechas antes y después de ensancharse el puente mediante voladizos de hormigón.*

(5) *Puente del Retamar, sobre el río Guadarrama. Construido para el paso del río Guadarrama del nuevo camino al Escorial por el puerto de Galapagar. El camino anterior al Escorial, construido por Felipe II, pasaba por Torreldones cruzando el río Guadarrama por el puente de Herrera. Tiene siete arcos de la misma luz que el Puente Largo del Jarama.*

También son de esta época el puente de Molins de Rei sobre el Llobregat (L-VIII) y el puente de Viveros sobre el Jarama (L-XX).

se refiere. Las transformaciones necesarias para esta adaptación son en muchos casos, de tal magnitud, que obligan a realizar transformaciones que cambian sustancialmente la fisonomía inicial del puente y, por tanto, le hacen perder casi totalmente su valor original, pues se le exige una función muy distinta de la que tuvo inicialmente.

Otro problema que cambia radicalmente el planteamiento de las reconstrucciones en la época actual es el de las posibilidades técnicas a utilizar. Durante la mayor parte de la historia los puentes seguían realizándose mediante arcos de piedra, por

lo que, al reconstruirse un puente, la técnica de ese momento coincidía con la técnica original y por tanto el puente, en la mayoría de los casos, sufría transformaciones pequeñas de fisonomía.

Por el contrario, en la época actual la piedra ha desaparecido como técnica para construir puentes, con lo cual la reconstrucción espontánea para seguir manteniendo el puente en uso es el de arcos o vigas, de hormigón o metálicos, que son las técnicas actuales. Este tipo de soluciones de reconstrucción se ha aplicado en innumerables casos, sin consideración alguna a la fisonomía del puente original.

Al efectuar una reconstrucción, reparación o recuperación de un puente antiguo debe buscarse la máxima aproximación a la obra original en todas sus características, pero no pueden olvidarse las técnicas actuales para realizar estas operaciones que, en muchos casos, son indispensables para conseguir el coeficiente de seguridad exigido a este tipo de obras en el momento actual; esto se traduce, con frecuencia, en un cierto falseamiento del carácter resistente del puente. Los dos planteamientos: la aproximación a la obra original y la utilización de técnicas actuales son contradictorios; por tanto, deberá buscarse el compromiso entre ambos, compromiso que dependerá del tipo de actuación a realizar.

Otro aspecto negativo del puente histórico mantenido en uso es su valor estratégico en casos de guerra, que ha provocado innumerables voladuras intencionadas. Casi todos los puentes importantes han sufrido en algún momento este tipo de destrucción. Ejemplo de esta barbarie de las guerras fue la absurda voladura del puente del Diablo en Martorell, sobre el río Llobregat, al final de la Guerra Civil, que fue totalmente inútil pues quedó en pie el puente de Molins de Rei, unos kilómetros aguas abajo en el mismo río, que era la principal comunicación de la zona. Como ya se ha dicho el puente de Molins fue derribado posteriormente en la época de paz.

La voladura de puentes durante las guerras se ha producido en todas las que ha sufrido este país, que son muchas; pero las más dañinas, quizá porque han sido las dos últimas más importantes, han sido la Guerra de Independencia y la Guerra Civil. En esta última se derribaron muchos puentes, de los cuales una proporción muy grande no se ha reconstruido o se ha reconstruido muy mal. Como ejemplo pueden citarse las innumerables voladuras en el Pirineo, como los puentes de Tres Pons, en el río Segre, que no se reconstruyeron, o los puentes de Broto y Fiscal, en el río Ara, el primero de los cuales no se ha reconstruido y el segundo se reconstruyó con un arco de hormigón sin relación con el original; o el puente de San Juan de las Abadesas, sobre el río Ter, reconstruido en los años 60 por la Dirección General de Arquitectura.

L-VIII.—PUENTES DEL VALLE DEL TIETAR

1



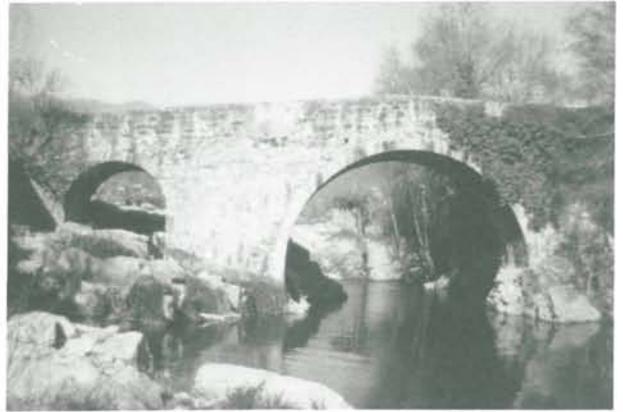
2



3



4



5



6



L-VIII.—PUENTES DEL VALLE DEL TIÉTAR

En el valle del Tiétar y, en especial en la Vera, existe una de las colecciones de puentes más atractivas de España. La importancia, el número y, sobre todo, la analogía entre ellos, hace pensar en un camino a lo largo del valle y de gran actividad, realizado en una época concreta.

Todos ellos tienen un arco principal y arcos laterales muy pequeños y muy separados del principal, sin ninguna razón aparente.

El primero de esta serie, iniciando el camino por el Este, es el de la Adrada sobre el Tiétar (1) con un arco principal de 10 m de luz y un arco muy pequeño y distante del principal en la margen derecha.

El siguiente es el puente de Arenas de San Pedro sobre el río Arenal (2) con una luz máxima de 15 m, un arco en la margen derecha separado del central por una pila de ancho normal y un arco en margen izquierda muy alejado.

En la Vera existen muchos puentes, los principales, siguiendo de Este a Oeste, son los siguientes.

El de la Garganta de Alardos (3), de 18 m de luz, con un arco lateral actualmente cegado.

El de la Garganta de Cuartos (4), con la misma composición del puente anterior pero de menor tamaño.

El puente de Jarandilla (5), sobre la garganta Jaranda, de 12 m de luz, con un arco lateral también separado del principal.

El puente de Cuacos (6), sobre la garganta de San Gregorio, con la misma composición general.

En Jarandilla puede existir una bifurcación de caminos: el primero sigue por Cuacos hacia Plasencia y el segundo pasaría por el Puerto de las Yeguas para llegar al puente de la Garganta de Valdeinfiernos (del que sólo tenemos referencia por el Miliario Extravagante pero, por los datos de esta publicación, parece ser de la misma serie de los anteriores).

En la misma zona se encuentran los puentes de Garganta la Olla sobre la Garganta de Pedro Chate.

No conocemos documentación del origen de estos puentes. Se han considerado romanos o medievales por distintos autores y, según la Historia de España de Menéndez Pidal, el puente de Arenas de San Pedro fue construido por los Reyes Católicos.

Como contraste de esta triste realidad histórica debe recordarse el legendario gesto de Alfonso V de Portugal que levantó el cerco de la villa de Alcántara al enterarse que los españoles iban a cortar el puente de Alcántara sobre el Tajo, diciendo al duque de Villahermosa, defensor de la villa, «Que no la quebrase, que él rodearía porque tal edificio no se gastase pues no quería el reino de Castilla con aquel edificio menos».

Las reparaciones que han sufrido los puentes, en la mayoría de las ocasiones, se han limitado a reconstruir el puente anterior con pocas variaciones, pero en otras se han introducido elementos nuevos o se

han transformado los existentes con mejor o peor resultado:

Los tajamares del puente de Zaragoza se construyeron en el siglo XVI. Son desmesurados para el tamaño de los arcos y rompen excesivamente la continuidad del puente.

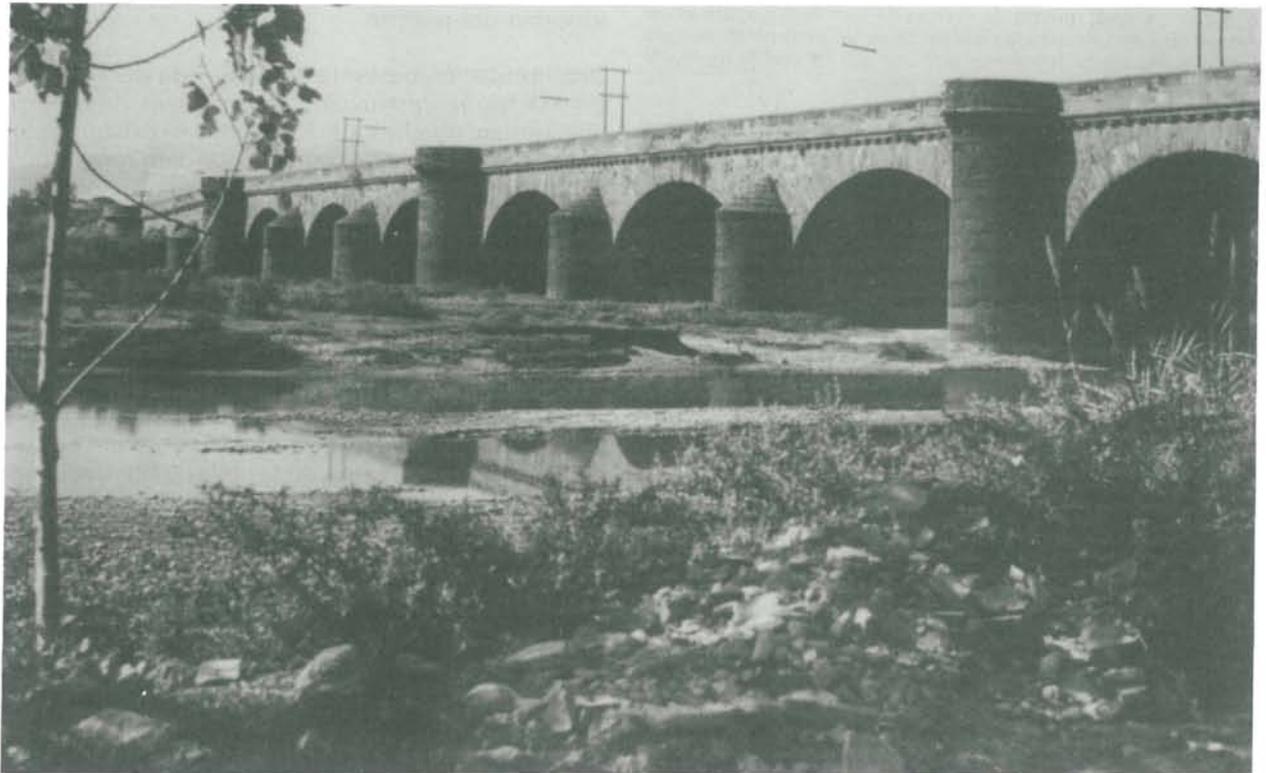
En el puente de Villanueva Rampalay, sobre el Ebro, abandonado, se ha caído uno de los tajamares de aguas abajo que llegaba hasta coronación, apareciendo un arquillo de aligeramiento cegado; el arquillo y la falta de traba del tajamar demuestran que éste es añadido y cambiaba radicalmente la fisonomía del puente.

Una mutilación bastante generalizada durante el siglo XIX fue la destrucción de las torres de defensa que tenían muchos de los puentes existentes en aquella época; actualmente quedan muy pocos con torres: el puente de Valmaseda, sobre el río Cadagua; en la actualidad, el puente de Besalú, sobre el río Fluviá, tiene torres gracias a la reconstrucción de los años 60 motivada por la voladura de dos arcos en la Guerra Civil; anteriormente a la guerra el puente no tenía torres, que debieron derribarse en el siglo XIX. Otros ejemplos son los dos puentes de Toledo sobre el Tajo, el puente de Alcántara, el puente de San Martín y el puente de Frías sobre el Ebro. El Pont Nou de Camprodon, sobre el Ter, conserva la torre sobre una de las pilas y fue declarado monumento nacional por Decreto de 1976. En el puente del Congosto, sobre el Tormes, se pueden apreciar muy pocos restos de sus torres. En más casos se han conservado las torres que estaban situadas fuera del puente, como el de Córdoba sobre el Guadalquivir y su torre de la Calahorra, o el de San Roque en Valderrobres sobre el río Matarraña. Esta destrucción resultaba en general realmente necesaria, porque las torres producían un estrechamiento para control de paso y defensa del puente.

El puente de Zamora se reformó a principios del XX y se derribaron las torres; el derribo puede justificarse por necesidades de tráfico, pero lo que no tiene justificación alguna es la transformación de los arquillos de aligeramiento sobre las pilas en pseudoelipses, con un resultado lamentable en el aspecto general del puente. Otros puentes que perdieron sus torres a finales del siglo XIX son los siguientes: el puente del Arzobispo, sobre el Tajo, que tenía dos torres a los lados de los dos arcos centrales; el de Barco de Avila, sobre el Tormes, perdió la torre cuando volaron los franceses el arco central en la Guerra de la Independencia; el puente de Soria, sobre el Duero, tenía una torre en el centro, según el Diccionario Geográfico de Madoz.

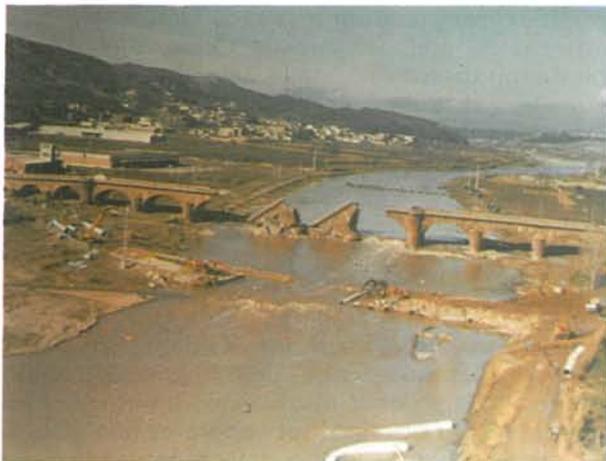
De todo ello se deduce que la adaptación de los puentes a las necesidades de tráfico ha ido sacrificando a lo largo de la historia valores artísticos importantes; por otro lado, el puente es una obra de ingeniería con una función muy determinada que, a

L-IX.—PUENTE DE MOLINS DE REI SOBRE EL LLOBREGAT

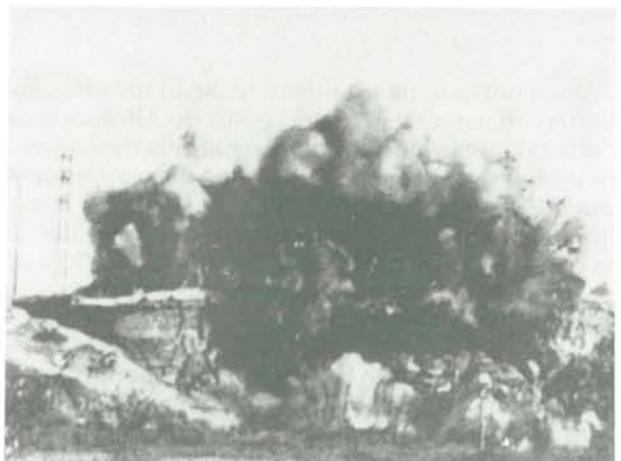


1

2



3



L-IX.—PUENTE DE MOLINS DE REI SOBRE EL LLOBREGAT

Construido de 1763 a 1767. Tenía quince arcos elípticos de 19,3 m de luz. El ritmo de las pilas era igual al del puente de Alcolea sobre el Guadalquivir (L-VI), pues una de cada tres era un poco más ancha con tajamar hasta el tablero; en las dos intermedias los tajamares se quedan a la altura de los arranques.

Fue derribado para sustituirlo por un nuevo puente en los años 70. La historia de este derribo fue la siguiente: La extracción de áridos en el Llobregat produjo descenso del nivel del fondo del cauce de unos 2 m, deshaciendo el zampeado de las pilas, que consistía en un solado de losas de piedra cimentado con pilotes de madera y corrido debajo de todo el puente. El 7 de febrero de 1971 se produce el primer hundimiento de una pila y el 1 de enero de 1972 el segundo, quedando rotos cuatro arcos. Se decide entonces la demolición del puente alegando que no es posible una variante de trazado, lo cual no es defendible porque la zona circundante no estaba urbanizada. Las piedras del puente se numeraron para su traslado pero, al final, se derribó mediante voladuras por lo que la posibilidad de reconstrucción fue nula. Un ejemplo, desde su origen, de mal hacer en ingeniería.

tráfico peatonal o tráfico lento que no obligue a ninguna transformación.

También se deduce que los puentes, por el medio en que se encuentran y por sus circunstancias históricas, han sufrido roturas de todo tipo; por tanto, el proceso de reconstrucción ha sido continuo a lo largo de la historia (la mayoría de los puentes importantes documentados han sufrido reconstrucciones de importancia en diversas épocas). No se puede parar este proceso en base a que los procedimientos y materiales utilizados en la actualidad han cambiado radicalmente porque este planteamiento llevaría en el futuro a una cuasi extinción de los puentes de piedra. Siguiendo el proceso histórico debe afrontarse la reconstrucción en caso de hundimiento aproximándose lo más posible al puente original, siempre que existan datos para ello.

TRANSFORMACION DE LOS PUENTES HISTORICOS

Los puentes, como ya se ha indicado, han sufrido transformaciones importantes para adaptarlos a las condiciones que impone el tráfico. Estas condiciones han cambiado radicalmente con el tráfico masivo del automóvil, y han obligado a ensanchar las plataformas y a rectificar rasantes. En algunos casos se ha variado también el trazado en planta, produciendo sobrecanchos mayores en los extremos.

Los procedimientos que normalmente se han utilizado para transformar los puentes, adaptándolos a las nuevas necesidades del tráfico, son los siguientes:

Destrucción del puente antiguo para construir uno nuevo en el mismo emplazamiento

Es la solución más brutal desde el punto de vista que nos ocupa; el puente antiguo desaparece, lo que es inadmisibles si este puente tiene un valor histórico.

Esta destrucción se ha producido en muchos casos y todavía se sigue produciendo.

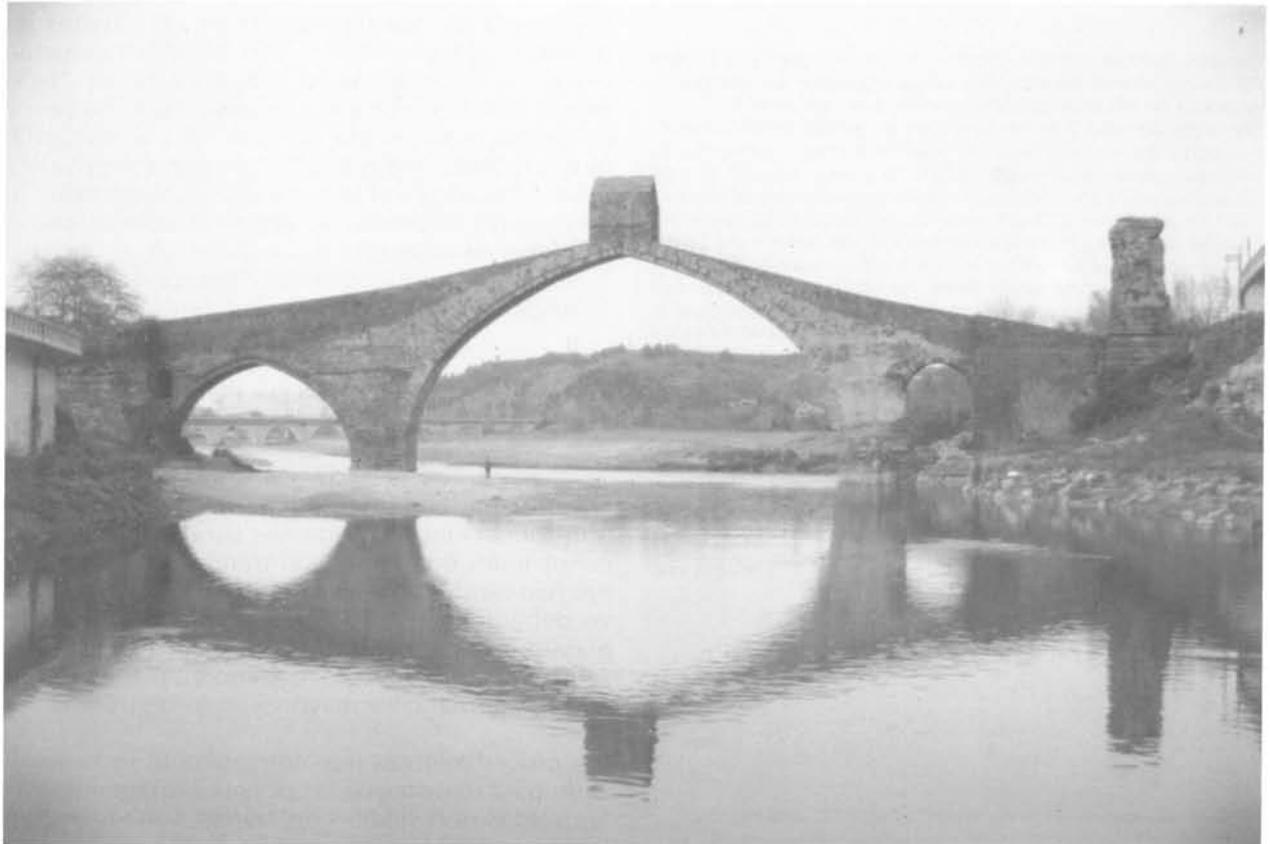
Un ejemplo de esta barbarie es el puente de las Doncellas, sobre el río Ambroz, en la Vía de la Plata; el puente original era romano con un solo arco. Se hizo una variante de carretera que interfería con el puente antiguo y, por ello, fue derribado para construir el nuevo; esta variante se realizó en 1957.

Cerca de este puente, también en la Vía de la Plata, estaba el puente romano de Romanillos que también fue derribado para sustituirlo en 1857.

Otro caso ya citado es el del puente de Molins de Rei, cerca de Barcelona, que después de una rotu-

ser posible, debe mantenerse y no puede olvidarse al actuar sobre él, aunque esta función ha variado sustancialmente a lo largo de la historia: las exigencias del tráfico en la época romana nada tienen que ver con las actuales. Por ello, toda actuación sobre un puente histórico debe buscar un equilibrio entre estos dos planteamientos contradictorios: por un lado, mantenerlo vivo, es decir, funcionando y, por otro, tratar de transformarlo lo menos posible teniendo presente que toda transformación es siempre negativa; el ideal sería mantenerlo con funciones análogas a las que motivaron su creación:

*L-X.—PUENTE DEL DIABLO EN MARTORELL SOBRE EL
LLOBREGAT*



L-X.—PUENTE DEL DIABLO EN MARTORELL SOBRE EL LLOBREGAT

Consta de dos arcos apuntados de 37 y 19 m de luz y un arco menor en margen izquierda.

La existencia de un puente romano anterior en su misma posición es evidente porque se ha conservado el arco triunfal de entrada en la margen izquierda, pero el puente actual no conserva nada del anterior. Se ha llegado a considerar que el puente inicial fue construido por Aníbal.

Este puente fue volado absurdamente en la Guerra Civil, hundiéndose totalmente el arco principal. Fue reconstruido después de la guerra por el servicio de restauraciones de la Diputación de Barcelona.

Es monumento nacional por Decreto de 1931.

En Cataluña se han reconstruido otros tres puentes importantes derribados en la Guerra Civil: El de Manresa sobre el Cardener, el de San Juan de las Abadesas sobre el Ter y el de Besalú sobre el Fluviá (L-XI).

ra parcial en una avenida del río Llobregat se demolió totalmente, sustituyéndolo por un nuevo puente en el mismo emplazamiento.

Hay otros tipos de destrucciones parciales que, a efectos del resultado obtenido, es igual o peor que si fuera total. El más común es el derribo de los arcos para sustituirlos por tableros de tramo recto. Las causas que conducen a esta barbarie pueden ser varias:

En algunos casos esta sustitución es parcial y puede deberse a un hundimiento por causa del río o por voladura. Ejemplos de ello son el puente de Bolta-

ña, sobre el Ara, volado en la Guerra Civil y sustituido actualmente el arco central por una viga metálica en celosía; o el puente de Sangüesa, sobre el río Aragón, del que sólo quedan dos arcos del puente original en la margen izquierda. El resto del puente ha sido sustituido por una viga en celosía metálica de gran luz. Esta sustitución probablemente se debería a un hundimiento por avenida del río.

Pero en otros casos esta destrucción es sistemática, quizá para bajar la rasante del puente o por cualquier otra razón particular del caso. Ejemplos de esta sustitución sistemática de los arcos es el puente entre Laguna de Duero y Boecillo sobre el Duero, construido por los Reyes Católicos, en el que actualmente todos sus arcos están sustituidos por tableros metálicos; estos tableros se apoyan sobre las pilas originales. Existen otros ejemplos análogos: el puente de Legasa, sobre el Bidasoa, que conserva las pilas originales sobre las que se apoyan tableros de hormigón, y el puente de Lizartza (II), sobre el río Araxes, con los dos arcos sustituidos de la misma forma.

Otro ejemplo de desaparición casi total es la del acueducto romano para la conducción de agua a Hispalis, que se iniciaba cerca de Alcalá de Guadaíra, conocida popularmente por los Caños de Carmona. El acueducto elevado tenía aproximadamente cuatro kilómetros y llegaba hasta la puerta de Carmona. Actualmente quedan cinco vanos aislados con dos arcadas superpuestas y, en otro lugar, cinco arcos de un solo nivel a los que se les ha suprimido la caja de la conducción. El resto ha ido desapareciendo en diversas fechas, terminando esta destrucción en los años 60 con el derribo de un tramo importante, al urbanizarse esa zona de la ciudad. Parece ilógico que no pudiera resolverse el problema urbano sin derribar el acueducto.

Existen casos en los que el puente va a desaparecer por razones ajenas al tráfico: la más común es por inundación de los pantanos; son muchos los puentes históricos desaparecidos por esta causa, de los cuales sería conveniente hacer una relación. Como ejemplos pueden citarse:

El puente de Susqueda sobre el Ter y el puente de la Riera de Rupit, inundados por el embalse de Susqueda.

El puente de Suso sobre el río Najerilla, inundado por el embalse de Mansilla.

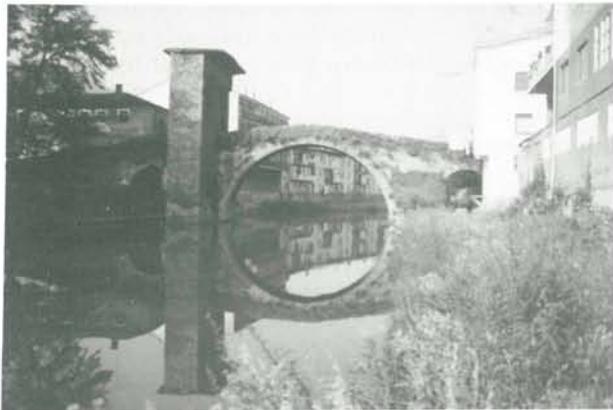
El puente de Santa María de la Peña sobre el río Gállego, inundado por el embalse de la Peña.

El puente del Cardenal sobre el Tajo y los puentes sobre el Almonte y el Tamuja, en el camino de Cáceres a Torrejón el Rubio, inundados por el embalse de Alcántara.

El puente del Diablo sobre el Cinca en el embalse de Mediano, etc.

L-XI.—PUENTES QUE HAN CONSERVADO LAS TORRES DE DEFENSA

1



2



3



4



5



6



L-XI.—PUENTES QUE HAN CONSERVADO LAS TORRES DE DEFENSA

(1) *Puente de Valmaseda, sobre el río Cadagua. Es un puente romano clásico. Se encuentra en la vía de Pisorica (Herrera de Pisuerga) a Flaviobriga (Bilbao) que no pertenece al Itinerario de Antonino.*

Sobre una de las pilas tiene una torre medieval que indudablemente fue construida en fechas posteriores al puente.

(2) *Puente de Frías, sobre el río Ebro. Construido en el siglo XII ha sufrido varias reconstrucciones. La torre, construida en el siglo XIV, se ha conservado hasta nuestros días. Fue restaurado en 1970.*

(3) *Puente del Congosto, sobre el Tormes. Construido en 1500 por orden de los Reyes Católicos, conserva un lienzo de la torre situada sobre una de las pilas.*

(4) *Puente de Alcántara, en Toledo, sobre el Tajo. Tiene una luz máxima de 28 m y es de origen romano aunque no está claro lo que queda del puente original. La torre de defensa de la margen derecha se construyó en el siglo XIII, reformándose en el XVIII; en la margen izquierda tiene una puerta. Este puente, junto con el de San Martín en la misma ciudad y también sobre el Tajo, es Monumento Nacional por Real Orden de 1921.*

(5) *Puente de Besalú, sobre el río Fluviá. Construido en los siglos XII y XIII debe haber sufrido varias reconstrucciones pues sus arcos son muy heterogéneos. Este puente perdió sus torres como la mayoría de los puentes españoles. Pero en la reconstrucción de los arcos, volados en la Guerra Civil, realizada en los años 60, se reconstruyeron también las torres porque el nuevo puente construido aguas abajo había dejado éste exclusivamente para tráfico peatonal.*

(6) *Puente de San Roque, en Valderrobres, sobre el río Matarraña. De origen medieval con tres arcos principales, conserva la torre en la margen derecha de acceso al pueblo que debió formar parte de la muralla que bordeaba el río.*

La única posibilidad que queda en estas situaciones extremas es el traslado del puente a otro emplazamiento análogo.

En España se han trasladado recientemente dos puentes, porque quedaban sumergidos en dos embalses:

Los restos del puente de Alconetar, sobre el Tajo, quedaban inundados por la presa de Alcántara; es un puente romano de la última época del Imperio, con arcos singularmente rebajados y, por ello, muy singular dentro de la morfología de los puentes romanos. Se trasladó a la orilla del embalse mante-

niendo intacta su fisonomía que corresponde a una pequeña parte del conjunto del puente original.

Otro puente que quedaba inundado por un embalse es el del Guijo de la Granadilla sobre el río Alagón. Es un puente posiblemente romano, formado por un solo arco de 19 m de luz con un emplazamiento muy singular. El tratamiento dado a este traslado es distinto al anterior:

El puente se ha dejado aislado en medio del agua sobre una estructura de hormigón, despojándole de toda relación con su función de puente y convirtiéndolo en un puro objeto formal. No se puede olvidar que el puente es, en primer lugar, una obra de ingeniería con una función muy simple, pero muy determinada: crear una plataforma que dé continuidad a dos orillas de un río. En este caso se ha suprimido la plataforma dejando exclusivamente el arco y los tímpanos, y se ha dejado aislado en medio de las aguas que es lo más contradictorio con su función inicial. Para completar la pura intención formal del traslado, el arco secundario que tenía este puente se ha situado en la orilla opuesta del pantano sobre el mismo eje perpendicular del arco principal; este eje se materializa en la orilla con un elemento vertical. No nos parece adecuada esta utilización de una obra de ingeniería realizada para unos fines muy determinados, dejándola totalmente vacía de contenido ingenieril.

Sustitución del antiguo puente por uno nuevo en distinta posición

Es quizá la solución que más se utiliza actualmente. Para efectuar esta sustitución es necesario realizar una variante de trazado, cruzando el río en distinto lugar con un nuevo puente. En la mayoría de los casos, al hacer la variante no se tiene en cuenta para nada el puente antiguo; se construye el nuevo puente muy próximo a él, ahogándolo y dejándolo arrinconado, sin ninguna utilidad y sin una valoración que podría conseguirse mediante un cuidado de su entorno y una posible utilidad local que lo mantenga vivo. Por tanto, al sustituir un puente se plantean dos problemas fundamentales.

1. Un problema de proyecto al efectuar la nueva variante, que debe tener en cuenta la posición relativa entre ambos puentes para que no exista interferencia entre ellos. Normalmente el nuevo puente es más alto de rasante y, por ello, si no se cuida la distancia entre ambos, el puente antiguo queda totalmente ahogado por el nuevo.
2. Un problema de conservación, pues el puente antiguo queda abandonado a su suerte; en general deja de pertenecer a las Obras Públicas o a cualquier otro organismo y, por tanto, se va deshaciendo progresivamente hasta desaparecer. Es necesario replantear esta situación tratando de darle alguna utilidad para mantenerlo

L-XII.—PUENTES QUE HAN PERDIDO LAS TORRES DE DEFENSA

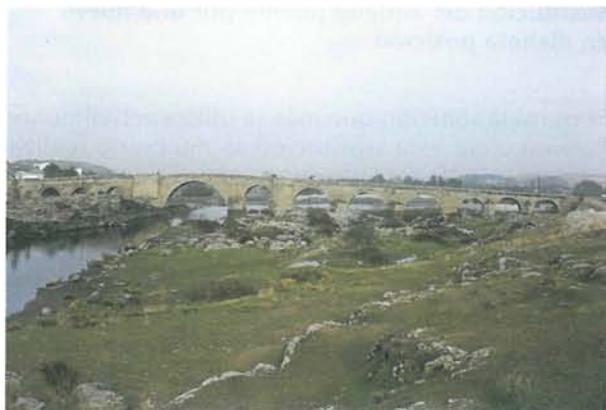
En la Edad Media la mayoría de los puentes tenían torres de defensa. A muchos puentes romanos se le añadieron en esta época. La mayoría de estas torres se han derribado posteriormente para mejorar las condiciones de paso del camino.

(1 y 2) El puente del Arzobispo, sobre el Tajo. Se construyó en los años 1383 a 1388. Tenía dos torres de gran envergadura en las pilas laterales de los dos arcos centrales. Estas torres comunicaban directamente con el río mediante una escalera interior a los lados de la estructura del puente cuya parte inferior se conserva con su puerta de salida. Fueron derribadas a finales del siglo XIX para facilitar el tráfico.

(3 y 4) El puente de Zamora, sobre el Duero. Existía ya en 1157, en que era el "pontem novum" a diferencia del romano del que todavía se conservan restos.

A principios del siglo XX se derribaron las torres en los extremos del puente y se hicieron reformas, cambiando incluso los arcos de aligeramiento, lo que ha producido un lamentable deterioro formal en el puente.

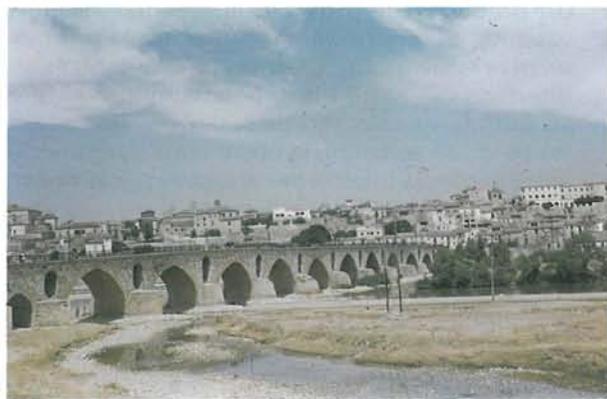
1



2



3



4



vivo, bien como camino local o bien como paso peatonal, conservándolo dentro de la competencia de Obras Públicas. En otros casos, aunque la carretera no lo necesite, podría crearse un área de parada, cuidando su entorno y manteniendo el área, igual que en el caso anterior, dentro de la competencia de las obras públicas. Este planteamiento debe hacerse también desde el proyecto de la variante, en el cual uno de los problemas fundamentales debe ser el tratamiento del puente antiguo.

Son muchos los ejemplos de puentes en esta situación que pueden verse en los bordes de nuestras carreteras: El puente romano de Villa del Río, sobre el río Salado, en la carretera de Córdoba a Sevilla. El de Lerma, sobre el río Arlanza, que actualmente se utiliza como paseo del pueblo en los días de fiesta, pero sin ningún tipo de cuidado adicional para convertirlo en una vía peatonal semiurbana. El puente de Peñafiel sobre el Duero con arcos en estado de ruina; el de Villanueva Rampalay sobre el Ebro, en la misma situación; el puente de Peñalagua sobre el río Manzanares, al lado de la carretera de Colmenar Viejo a Navacerrada, uno de los pocos puentes de la provincia de Madrid que podría ser romano, etcétera.

Transformación del puente para adaptarlo a las exigencias actuales del tráfico

Como ya se ha indicado, estas exigencias son totalmente diferentes de las existentes en la época de la construcción del puente. Por esta razón resulta prácticamente imposible conseguir una adaptación que mantenga su carácter inicial sin modificaciones sustanciales; en la mayoría de los casos hay una transformación formal que destruye, en gran parte, los valores artísticos iniciales. Hay que decir, en defensa de estas transformaciones, que en muchos casos han salvado al puente de su destrucción y que generalmente son reversibles, pudiéndose algún día deshacer la transformación, devolviendo al puente su primitiva forma. Esta reversión se ha producido ya en varios casos.

Un caso de recuperación ejemplar de un puente histórico es el del puente de la Magdalena en Pamplona. Este puente se ensanchó a principios de siglo con voladizos de hormigón con tornapuntas metálicas. En los años 50 se sustituyó por un nuevo puente manteniendo una separación adecuada entre ambos. El puente medieval ha recuperado su fisonomía original, pues se ha restaurado demoliendo los voladizos y rehaciendo los pretilos; actualmente se utiliza para tráfico peatonal.

Se han hecho muchos tipos de transformaciones para ensanchar los puentes, algunas más bárbaras que otras:

Ensanche mediante vigas adosadas al puente original

Esta solución se ha utilizado en innumerables casos. Esta claro que con ella se intenta resolver el problema de la forma más fácil posible, ignorando la existencia de una obra anterior a la cual hay que adecuarse. Generalmente las vigas nuevas se apoyan en los tajamares del puente o en nuevas pilas de hormigón adosadas a las originales.

De esta forma se han destrozado en España muchos puentes de importancia. En general se actúa en los dos paramentos, pues de esta forma la solución es más simple; podría al menos conservarse un paramento intacto.

Son muchos los ejemplos de este tipo de ensanche: Puente de Trujillo en Plasencia sobre el Jerte. Se trata de un puente del siglo XVI con tres arcos, el mayor con una luz de 22 m. Se ha ensanchado con vigas de hormigón en ambos paramentos apoyadas sobre mensulones de hormigón en las pilas.

Puente nuevo de Tolosa, sobre el Oria, también ensanchado con vigas de hormigón en los dos paramentos apoyadas en los tajamares.

Puente de Aranda de Duero, sobre el Duero, ensanchado en ambos paramentos con vigas de hormigón; en el arco de margen derecha, aguas arriba, como el ensanche necesario es mayor que en los demás se ha realizado un pórtico de patas inclinadas adosado al puente original.

Puente de Calatayud, sobre el río Jalón, ensanchado en ambos lados. Puente de Lizartza III, sobre el río Araxes, de igual forma.

En el puente de Estella, sobre el Ega, se ha hecho el ensanche únicamente aguas arriba y se han realizado pórticos de patas inclinadas; hay un intento de adecuación al puente anterior pero el resultado es muy poco afortunado.

Ensanche de los arcos mediante una bóveda de hormigón adosada

Esta solución se ha realizado también con el mínimo respeto al puente existente, porque el destrozo que se produce es total. Un ejemplo de este tipo de tratamiento es el ensanche del puente de Arfá, sobre el Segre, efectuado después de la Guerra Civil: se han ensanchado las bóvedas con arcos de hormigón en el paramento de aguas abajo; podría esperarse que el paramento de aguas arriba se hubiere conservado intacto, pero se efectuó un refuerzo de hormigón sobre las bóvedas de piedra que se ve en los timpanos con una forma totalmente irregular, dejándolo igualmente destrozado; está claro que en esta transformación no existió la más mínima sensibilidad hacia el puente original.

**L-XIII.—PUENTES DESTROZADOS POR LA
CONSTRUCCION DE VARIANTES**

1



2



3



4



5



L-XIII.—PUENTES DESTROZADOS POR LA CONSTRUCCION DE VARIANTES

(1) *El puente de las Doncellas, sobre el río Ambroz. Fue demolido al construir el nuevo puente de la variante. Era un puente romano de la Vía de la Plata y no quedó en pie más que uno de los arranques.*

(2) *El puente de la Caldera, sobre el río Torio, en Ventas de Getino. No fue demolido, pero el nuevo se hizo tan próximo a él que el resultado es parecido. Esta proximidad debió resultar incluso incómoda para la construcción del nuevo.*

(3) *Puente del camino de Oto, en el barranco del Sorrosal (afluente del Ara), cerca de Broto. En este puente derribaron un arco para la construcción del nuevo, realizado en los años 50. La mayoría de los puentes de esta zona fueron volados en la guerra; éste, que quedó en pie, fue destrozado poco después.*

(4) *Puente de San Urbez, sobre el río Vello, en el Pirineo. El nuevo puente fue construido por ICONA que teóricamente debería conservar la naturaleza pero, en este caso, su cometido parece el contrario.*

(5) *Puente sobre el río Tamuja, en el camino de Trujillo a Cáceres. Tiene los tímpanos recrecidos para elevar la rasante. Al construir una nueva variante ha quedado hormigonado parte del arco dentro del estribo del nuevo puente.*

Otro puente ensanchado de la misma forma en el paramento de aguas abajo es el puente del Duque, sobre el Tormes, en el Camino de Gredos.

Ensanche de los arcos realizando una nueva bóveda con el intradós por encima del trasdós de la primitiva

De esta forma el arco antiguo queda a la vista bajo el nuevo. Hay, por tanto, en esta solución, un intento de conservación y respeto del puente primitivo. Efectivamente el arco primitivo se ve, pero la composición resultante es bastante triste. Un puente

ensanchado por este procedimiento es el del Burgo sobre el río Lérez, en Pontevedra, con las bóvedas adicionales de hormigón chapadas de piedra. La misma solución se utilizó en el puente de San José sobre el Turia, en Valencia, del siglo XVII. En el puente viejo de Tolosa se utilizó también una solución de ensanche aguas arriba con arcos rebajados. En un segundo ensanche se añadieron unos voladizos metálicos.

Ensanche mediante voladizos laterales

Es el procedimiento más generalizado; los voladizos están formados por una losa de hormigón, por ménsulas aisladas con una losa entre ellas, o por tornapuntas metálicas con una losa delgada de hormigón o metálica; estos voladizos se compensan con una losa continua en toda la plataforma, con tirantes metálicos o con vigas de hormigón.

Esta solución se ha empleado mucho a principios de siglo, en los comienzos del hormigón armado, y por ello en muchos casos se encuentran actualmente en peor estado que el puente histórico. Un ejemplo de ello es el puente de Piedra de Zaragoza, en el que ha sido necesario cerrar los voladizos al tráfico por su situación alarmante; el ensanche se realizó en 1917, derribándose al mismo tiempo las torres existentes en el paramento de aguas abajo de dos de las pilas.

La perturbación que produce esta solución es función del tamaño del voladizo, pero en cualquier caso introduce un elemento extraño a la obra original que rompe su carácter y no se integra en ella, quedando como un postizo. Tiene la ventaja de ser la más fácilmente reversible. Con esta solución se han ensanchado recientemente los puentes de Larraga, Berbinzana y Miranda de Arga, sobre el Arga, en Navarra —en los que también se ha efectuado una rectificación de rasante—, el puente de Algete, sobre el Jarama, y el puente de Aldea del Fresno, sobre el Alberche.

Ensanche mediante traslación paralela de uno de los paramentos

Este procedimiento supone el desmontaje de uno de los paramentos, la ampliación de la cimentación y el nuevo montaje del paramento con el ancho requerido; las bóvedas se ensanchan interiormente, o bien mediante la misma piedra, que es la solución ideal, o bien con hormigón. De los cinco procedimientos posibles, éste es el único que en muchos casos puede resultar satisfactorio, aunque siempre producirá sorpresa un puente antiguo tan ancho. Tiene el inconveniente de que es difícilmente reversible. También es el más costoso, pues obliga al desmontaje cuidadoso del paramento y dovelas frontales de los arcos, numerando todos los sillares para volver a montarlos.

Se ha aplicado en el Puente de Segovia de Madrid y pensamos que con acierto. Es un puente de Gaspar

L-XIV.—PUENTE DE ALCAÑIZ SOBRE EL RIO GUADALOPE

1



3



2



L-XIV.—PUENTE DE ALCAÑIZ SOBRE EL RIO GUADALOPE

Este puente debe estar construido en la misma posición de uno anterior con rasante mucho más baja.

Consta de cinco arcos: dos de medio punto de más de 20 m de luz en la margen derecha, uno apuntado intermedio pequeño y dos rebajados en la margen izquierda. Estos dos últimos se deben a una reconstrucción efectuada después de la Guerra de la Independencia en la que el puente quedó inservible, según el diccionario geográfico de Madoz. En este diccionario se dice que el puente tenía siete arcos; no sabemos dónde podrían estar los otros dos.

La hipótesis más lógica para justificar el arco central, mucho más pequeño que los demás, apuntado y con un tímpano desmesurado sobre él, es que este arco pertenecía a un puente anterior mucho más bajo. También apoya esta hipótesis la variación de uno de los tajamares laterales de este arco y el arranque de uno de los nuevos que se apoya en el de un arco anterior con distinta directriz. El puente está ensanchado con ménsulas de hormigón.

de la Vega y de Juan de Herrera, con paramentos y tajamares bien compuestos, sin ningún carácter volumétrico del conjunto que se pudiera perder en el ensanche. Pero cuando esta misma solución quiso aplicarse al puente de Toledo, un puente barroco de Ribera, el problema era distinto; en este caso, un cambio sustancial de la anchura del puente habría alterado sustancialmente su carácter volumétrico, que en este puente tiene mucha importancia. El problema se resolvió definitivamente al realizarse la Autopista del Manzanares con una solución en que se tuvo muy en cuenta la presencia del puente de Ribera: éste se desdobló en uno aguas arriba y otro aguas abajo, suficientemente separados de él

para evitar interferencias, conservando de esta forma todo su valor; el tráfico de peatones sigue pasando por el puente primitivo, por lo que se mantiene en vivo. La pérdida mayor que sufrió este puente fue con la canalización del Manzanares, que limitó el río a tres arcos, levantando las márgenes en contraposición con la idea del puente que estaba concebido para un cauce extenso. Con la construcción de la autopista del Manzanares esta situación se ha hecho irreversible. En el puente de Segovia, en cambio, la canalización se amplió con buen criterio en la zona del puente para evitar este efecto.

Otro puente, cuya transformación se ha resuelto trasladando un paramento, ha sido el puente de Viveros sobre el río Jarama, en la salida de Madrid por la carretera de Barcelona. Es un puente construido en la época de Carlos III con hermosos tajamares aguas arriba. Se ha trasladado el paramento de aguas arriba y el resultado es satisfactorio aunque la sillería se ha tratado con poco cuidado, rejuntando sin ningún motivo en muchas zonas los sillares con mortero. Pero en fechas recientes se ha realizado el desdoblamiento de esta carretera, construyéndose otro puente paralelo aguas arriba. La separación entre ambos puentes es mínima y, por tanto, el paramento de aguas arriba, que es el más característico del puente, queda ahogado. El mismo proceso ha seguido el puente del Guadarrama en la carretera de Extremadura; es un puente de cinco arcos, construido en 1805, con un despiece de dovelas escalonado en el trasdós, clásico de esta época y que coincide con la segunda rosca del puente de Herrera en Torreldones sobre el mismo río, declarado recientemente monumento nacional. Se ensanchó trasladando el paramento de aguas abajo, aunque se añadieron unos mensulones de hormigón (no sabemos si a la vez que el traslado del paramento o posteriormente) que lo estropean mucho. Posteriormente la carretera se ha desdoblado con un nuevo puente muy próximo a él.

En ambos casos la comparación entre el puente antiguo y el nuevo deja en muy mal lugar a la época actual, pues los antiguos son dos puentes muy bien proyectados y construidos y, en cambio, los nuevos son puentes proyectados y realizados sin ningún cuidado.

Transformaciones en alzado

Se han hecho generalmente recreciendo los tímpanos mediante la misma sillería. Su perturbación depende de la magnitud de la corrección pero, en general, rompe totalmente la composición de los arcos con la rasante, fundamentalmente en los puentes en lomo de asno que son los que han necesitado mayores rectificaciones; en otros casos, el recrecimiento se ha realizado con hormigón, produciendo una alteración mucho mayor. En todos ellos, cuando la rectificación es importante, se produce un cambio de volúmenes que rompe la fiso-

*L-XV.—PUENTE DEL GUIJO DE LA GRANADILLA SOBRE
EL RIO ALAGON*

1



2



3



L-XV.—PUENTE DEL GUIJO DE LA GRANADILLA SOBRE EL RÍO ALAGÓN

Se ha considerado generalmente de origen romano. Según Melida: "Formaba parte de la calzada que por Calzadilla iba a Coria. Es un puente de un solo ojo en el que conserva un arco romano de medio punto. Lo restante está desfigurado y reconstruido formando lomo en el centro como fue costumbre en la Edad Media" (Catálogo Monumental de España-Cáceres). Es un poco sorprendente esta consideración sobre el lomo de asno, pues dejaría fuera de la época romana puentes clásicos de este período como el de Luco sobre el río Jiloca, el de Villa del Río sobre el Arroyo Salado de Porcuna o el de Cihuri sobre el río Tirón.

Hay que tener en cuenta que el lomo de asno es una exigencia funcional y no una expresión formal, aunque en unas épocas se enfatice más que en otras.

Antes de su traslado había sido modificado suavizando el lomo de asno: la fotografía (2) es anterior y la (1) posterior a esta rectificación. El puente fue trasladado a su situación actual porque quedaba inundado por el Embalse del Guijo (3); este traslado se analiza en el texto.

nomía inicial del puente. Un ejemplo de ello es el puente de Oliveira sobre el río Jallas, en Galicia, que visto antes y después de la rectificación, parece que se trata de dos puentes distintos. Otro puente rectificado recientemente es el romano de Caparra, sobre el río Ambroz, en la Vía de la Plata. Rectificaciones de este tipo, más o menos importantes, existen en la mayoría de los puentes históricos actualmente en servicio y la transformación que se produce es siempre muy negativa.

Un caso extremo de rectificación es el del puente de Caldas de Montbuy, sobre el río Caldas, en el que se ha superpuesto sobre el puente inicial una

nueva arquería de luces reducidas, transformando radicalmente el puente con resultado muy discutible si se plantea la necesidad de una variación tan grande de rasante.

EL ARCO DE PIEDRA COMO ELEMENTO ESTRUCTURAL

Hasta la aparición del acero, el elemento estructural para cubrir grandes luces en la ingeniería civil y en la arquitectura ha sido el arco de piedra como elemento básico de bóvedas y cúpulas, aunque en las cúpulas existe un comportamiento espacial más complejo. A lo largo de la historia, los arcos de los puentes han sido predominantemente de medio punto, o próximos a él; en la Edad Media se utiliza también con mucha frecuencia el arco apuntado. En el siglo XIX se generalizan los arcos rebajados y escarzanos hasta principios del siglo XX, en que se terminan los puentes de piedra; esto no quiere decir que este tipo de arcos sea exclusivo de esta época, pues se han utilizado desde los romanos, aunque en casos muy aislados. Un ejemplo es el puente romano de Alconetar del que se conserva algún arco original; como ya se ha indicado anteriormente este puente ha sido trasladado de emplazamiento.

El arco de dovelas de piedra es un sistema estructural adecuado, porque se adapta bien a distintas situaciones de carga: Si la línea de presiones se sale del núcleo central el contacto entre dovelas se concentra en una zona, desplazando la directriz del arco. Si la línea de presiones se sale del espesor del arco, la junta entre dovelas puede comportarse como una articulación, deformándose para producir la rotación necesaria, aunque estas deformaciones tienen un límite.

El arco de medio punto tiene una directriz muy poco adecuada desde el punto de vista resistente para las cargas que actúan en los puentes, pues la línea de presiones se aparta considerablemente de ella. Para este tipo de cargas, el arco circular que más se aproxima al funicular es el que tiene un ángulo próximo a los 120°, porque la línea de presiones se mantiene en toda su longitud dentro del núcleo central. De hecho la mayoría de los arcos de puentes, aunque tengan forma de medio punto, estructuralmente son arcos con ángulos próximos a los 120°, y el resto son auténticos salmeres. Este comportamiento se comprueba en la realidad viendo los puentes en que únicamente quedan los arcos exentos. Son muchos los ejemplos de ruinas de puentes en estas condiciones: el puente de Cardona sobre el Cardoner, el puente de Mantible sobre el Ebro, el puente de Udrión sobre el río Nalón, el puente cerca de Torrelodones sobre el río Guadarrama, el de Isaba sobre el Esca, el de Ferrera, cerca de Boltaña, sobre el arroyo Ferrera, que se ha restaurado recientemente con tristes resultados, etc.

L-XVI.—PUENTES SOBRE EL RIO BIDASOA

1



2



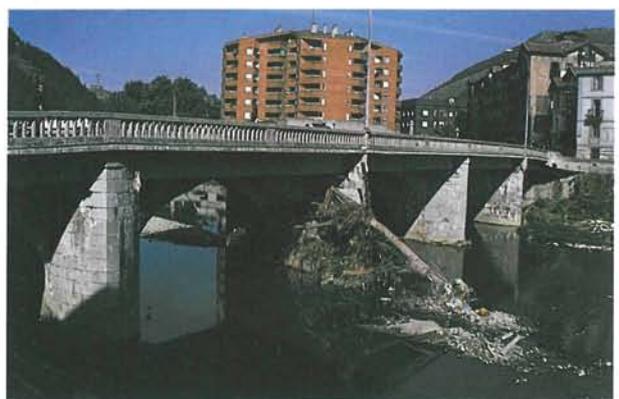
3

**L-XVII.—PUENTES DESFIGURADOS POR ENSANCHES REALIZADOS SIN NINGUN CUIDADO**

1



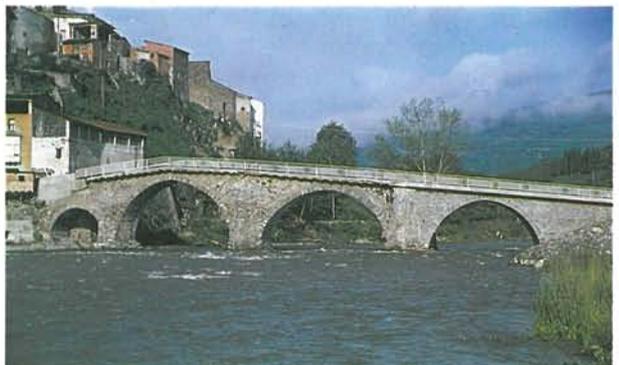
3



2



4



L-XVI.—PUENTES SOBRE EL RIO BIDASOA

(1) *Puente de la Reparacea. Tiene un solo arco de 22 m de luz; la perfección del arco, su encaje en el río y su entorno hacen de él uno de los puentes más bellos de este país.*

(2) *Puente de Lesaca. Es un puente de cuatro arcos, muy perfecto y bien construido; fue ensanchado con voladizos de hormigón. Actualmente se ha realizado una variante con nuevo puente dejando el antiguo fuera de servicio.*

Podría recuperarse fácilmente demoliendo los voladizos y rehaciendo los pretilos e incorporando a un área de parada que espontáneamente se produce en el desvío a Lesaca, al lado de este puente.

(3) *Puente de Legasa. Originalmente era un puente de tres arcos que seguramente fueron derribados para sustituirlos por vigas de hormigón; no parece que esta sustitución se debiera a un hundimiento generalizado, pues las pilas se encuentran en perfecto estado. Es un ejemplo de destrozo total e irreparable en un puente que debía tener interés.*

L-XVIII.—PUENTES DESFIGURADOS POR ENSANCHES REALIZADOS SIN NINGUN CUIDADO

(1) *Puente de Aranda de Duero, sobre el río Duero. Ensanchado mediante vigas longitudinales apoyadas sobre los tajamares y tambores del puente que, para reforzar las zonas de apoyo, se han rematado con hormigón sin el mínimo cuidado a la obra existente. En el arco de margen derecha, en el paramento de aguas abajo, se ha construido un pórtico adosado al puente que estropea más todavía el conjunto.*

(2) *Puente de Tolosa, sobre el río Oria. Es el segundo puente de esta ciudad, construido en el camino de San Sebastián probablemente en la época de Carlos III. Se ensanchó con vigas de hormigón armado en los dos paramentos.*

Puente de Arfa, sobre el Segre. Este puente quedó en pie en la Guerra Civil pero sufrió en la posguerra, pues en los años 40 fue reparado y ensanchado como se describe en el texto (3).

El nuevo arco, construido recientemente, se ha dejado preparado para una posible recuperación del puente, aunque la obra necesaria para ello es costosa y no parece claro que vaya a realizarse en un futuro próximo (4).

Todos estos puentes han perdido los tímpanos, conservando los arcos exentos de aproximadamente 120° continuados en las pilas macizas que forman los salmeres.

Este comportamiento estaba claro para algunos constructores en la Edad Media: en los puentes de la zona del Llobregat, puente de Monistrol, puente de Cardona y puente de Castelbell y el Vilar, los arranques de los arcos de medio punto se inician con sillares horizontales hasta llegar aproximadamente a los 120°, donde se inician las dovelas radiales primero con una sola rosca y luego con dos;

hasta esta altura la bóveda está formada en todo su ancho por sillares y, a partir de esa altura, existen sillares bien labrados en los paramentos, resolviéndose el interior de la bóveda con sillarejo.

En los arcos romanos, en cambio, parece apreciarse una concepción más geométrica, pues las dovelas son igualmente perfectas desde arranques hasta clave.

Los puentes de piedra tienen un peso propio muy grande y, por tanto, la relación peso propio/sobrecarga es también muy grande; por esta razón la influencia de la sobrecarga es mínima, lo que ha permitido mantenerlos en servicio sin problemas cuando las sobrecargas han ido aumentando. En los puentes metálicos, en cambio, la relación peso propio/sobrecarga es muy pequeña y, por tanto, han sido muy sensibles a los aumentos de sobrecarga, dándose la paradoja, tantas veces comentada en varias ciudades españolas, de que el tráfico pesado tenía que pasar por el puente antiguo porque el puente «nuevo» estaba limitado de cargas.

Por ello es difícil que en los puentes de piedra existan problemas de sobrecarga si el puente se sostiene a sí mismo. En todos los puentes que hemos comprobado estructuralmente se confirma este planteamiento. Únicamente en arcos muy rebajados podría producirse una insuficiencia resistente respecto de las sobrecargas de tráfico actuales.

PROBLEMAS QUE SE PLANTEAN EN LOS PUENTES DE PIEDRA

Ya se ha visto que el arco de piedra es una buena solución estructural y por ello los problemas que pueden plantearse en estos puentes son de otra índole; es necesario estudiar cuáles son los que pueden afectar a su estabilidad y durabilidad.

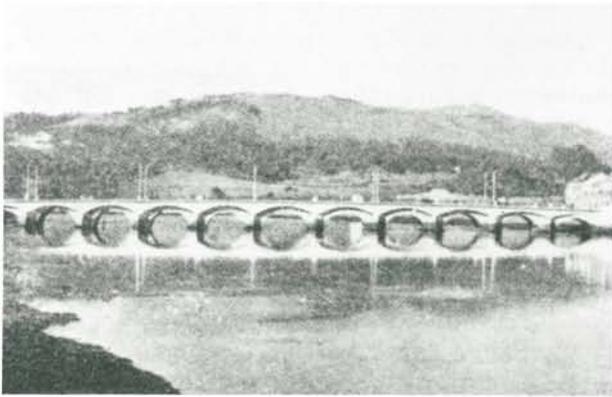
Estos problemas se pueden dividir en dos grupos: los producidos por el medio en que se encuentra, y los propios del conjunto que forma el puente.

El puente en relación con su entorno**Cimentaciones**

Aunque la cimentación forma parte del puente, depende de las condiciones geotécnicas del emplazamiento. Las técnicas de cimentación de los romanos, que se han mantenido hasta épocas muy recientes, son las siguientes: cimentación directa mediante excavación, o cimentación por pilotes hincados de madera que normalmente tenían longitudes máximas de 10 m. Muchos de los puentes se encuentran en las terrazas aluviales de los ríos, con profundidades de acarreo mucho mayores de los

L-XVIII.—ENSANCHE CON ARCOS DE DISTINTA DIRECTRIZ

1



2



L-XIX.—PUENTES ENSANCHADOS MEDIANTE VOLADIZOS LATERALES

1



2



L-XVIII.—ENSANCHE CON ARCOS DE DISTINTA DIRECTRIZ

(1) *Puente del Burgo en Pontevedra, sobre el río Lérez. El puente se ensanchó con arcos rebajados de hormigón chapado de piedra, apoyados en unas ménsulas sobre los tajamares.*

(2) *Puente de San José, sobre el Turia, en Valencia. El puente original es del siglo XVII. La solución empleada es la misma que en el caso anterior.*

El resultado final en ambos casos poco tiene que ver con el puente primitivo. En estas transformaciones tan drásticas debe procurarse conservar al menos uno de sus paramentos en su estado original, haciendo toda la transformación en uno solo de ellos.

L-XIX.—PUENTES ENSANCHADOS MEDIANTE VOLADIZOS LATERALES

La solución de ensanche de plataformas mediante voladizos se ha utilizado desde el siglo XIX con soluciones varias:

Ménsulones de piedra u hormigón [puente de la carretera de Extremadura sobre el Guadarrama (L-XXI)]. Voladizos de hormigón con tornapuntas metálicas [puente de la Magdalena sobre el Arga en Pamplona (L-V)]. Voladizos de hormigón prefabricados o in situ, etcétera.

Los voladizos del puente de Zaragoza son de 1917. Consisten en unas ménsulas metálicas equilibradas a ambos lados del puente mediante flejes metálicos que se tensaban por medio cuñas. Estas ménsulas se hormigonaban a la vez que la losa (L-XXVI).

(1) *Puentes de Berbinzana, Larraga y Miranda de Arga en Navarra. Se han ensanchado recientemente mediante losas prefabricadas de hormigón. La figura corresponde al puente de Larraga.*

(2) *Puente de Aldea del Fresno. Está ensanchado con voladizos de hormigón in situ rematados con una imposta de granito y sobre él un pretil de ladrillo como el resto del puente.*

10 m, y por ello los pilotes de madera quedan flotantes en las gravas; en condiciones normales del río esta cimentación tiene capacidad portante suficiente para soportar el puente sin deformaciones apreciables, pero, en las grandes avenidas, la socavación del río, agravada por el tamaño de las pilas, puede mover espesores grandes de gravas y por tanto dejar a los pilotes sin capacidad portante, produciéndose entonces el hundimiento de la pila que arrastra a los dos arcos adyacentes. De esta forma se han caído muchos puentes con cimentaciones de este tipo; como ejemplo puede citarse el puente de Zaragoza, que ha estado cortado en muchas ocasiones por hundimiento de pilas; el mis-

mo problema fue la causa del hundimiento del puente de Molins, en la riada de los 70. En otros casos la pila, sin llegar a hundirse, puede tener deformaciones grandes, bien por asiento o bien por giro, que pueden romper solamente uno de los arcos adyacentes; éste es el caso del hundimiento del puente de Simancas, sobre el río Pisuerga.

Un caso extremo de asiento en una cimentación es el de la pila central de Puente Genil, sobre el río del mismo nombre. El giro de la pila es de aproximadamente 10°, lo que originó el hundimiento de los arcos. El puente se ha reconstruido sobre la misma pila, dejándola con su giro como puede verse en la L XXVII.

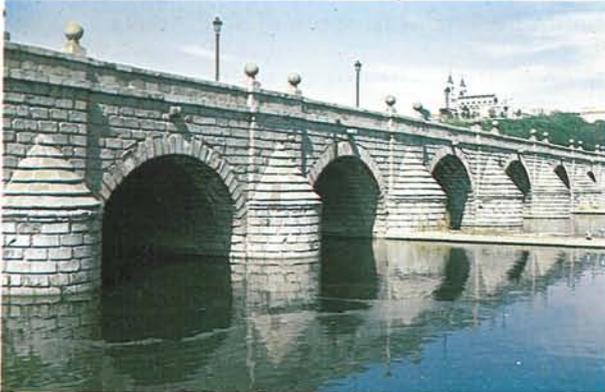
En muchos ríos las variaciones de cauce, a lo largo de la historia, también han producido descálces de pilas que originalmente estaban fuera del río. Un caso extraordinario de variación de cauce es el del puente de Coria, inicialmente sobre el río Alagón, donde no se produjo ningún problema de descálce, pero el puente se encuentra en medio de un prado a bastante distancia del río. El puente se construyó a principios del siglo XVI y el río varió su cauce a finales del siglo XVII dejándolo en seco: no se conocen los motivos de esa variación tan drástica. Lo mismo ocurre con el puente de Talamanca, sobre el río Jarama, que también se encuentra actualmente fuera del cauce.

También pueden plantearse problemas con cimentaciones sobre buen terreno, e incluso sobre roca, cuando han sido realizadas bajo el agua. Los procedimientos que se emplean para realizar estas cimentaciones son los siguientes: Si el río lo permite, lo normal es desviarlo; en otros casos se crean ataguías para realizar también la cimentación en seco. Si no es posible utilizar estos procedimientos, se vierte piedra en el agua hasta conseguir una cierta altura. Se encuentran cimentaciones de este tipo con descálces fuertes, que pueden ser debidos a la dificultad de construcción de la cimentación, o bien porque el agua se ha llevado parte de los sillares dejándola en situación precaria. Esta situación se ha presentado en el puente de Alcántara, sobre el Tajo; la construcción de la presa del mismo nombre permitió dejar en seco la cimentación sumergida donde se había producido una cueva de grandes dimensiones que amenazaba seriamente la estabilidad del pilar; esta cueva se rellenó rápidamente de hormigón antes de volver a soltar el agua del río.

Otro problema que se plantea en muchas ocasiones es el de la erosión de las laderas próximas a los muros de acompañamiento, por efecto de las riadas o de corrientes en las mismas laderas. Estos muros, en general, tienen cimentaciones bastante someras, y por ello es fácil que la erosión los descálce y se produzca el hundimiento. Este mismo fenómeno puede producirse en las cimentaciones de arcos que salvan barrancos, donde la

**L-XX.—LOS PUENTES DE MADRID SOBRE EL RIO
MANZANARES**

1



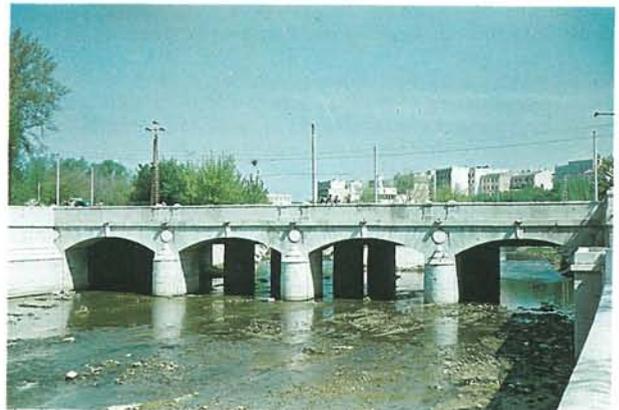
2



3



4



**L-XXI.—PUENTES ENSANCHADOS MEDIANTE EL
TRASLADO DE UN PARAMENTO**

1



2



L-XX.—LOS PUENTES DE MADRID SOBRE EL RÍO MANZANARES

En Madrid existen cuatro puentes de piedra sobre el río Manzanares:

(1) *Puente de Segovia. Mandado construir por Felipe II en sustitución de un puente anterior en el inicio de Madrid como capital del Reino; obra de Herrera fundamentalmente, aunque inició las obras Gaspar de la Vega.*

(2) *Puente de Toledo. Construido por Ribera en el reinado de Felipe V, también en sustitución de uno anterior.*

(3) *Puente de San Fernando. Construido en el reinado de Fernando VI; se encuentra aguas arriba de la ciudad.*

(4) *Puente del Rey. Construido en el reinado de Fernando VII.*

La mayoría de ellos han sufrido dos tipos de transformaciones: las debidas a las necesidades del tráfico y las debidas a la canalización del río.

El puente de Segovia ha sido ensanchado trasladando un paramento y prolongando las bóvedas. La canalización del río creó un ensanche en su entorno dejando el puente sobre una lámina de agua lo que resulta muy adecuado. Más dudosa es la actuación en la margen derecha con un ensanche del puente en la orilla.

El puente de Toledo ha sido desdoblado al construir la autopista del Manzanares mediante un puente aguas arriba y otro aguas abajo a suficiente distancia de él. La canalización en cambio no respetó su morfología; se creó un cauce central con sólo dos pilas dentro de él y se levantaron las márgenes acortando el resto de las pilas; esta forma del cauce crea una zona principal del puente en el centro, lo que está en contradicción con la composición original concebida para un cauce ancho y uniforme.

El puente del Rey se ha ensanchado en época reciente; el procedimiento utilizado ha sido el siguiente:

Traslado de un paramento, construcción de pilas nuevas en el eje de la nueva plataforma y construcción de un tablero de vigas de hormigón armado, apoyado en los paramentos y las nuevas pilas; en la canalización del río perdió dos arcos que quedaron enterrados tras el muro de encauzamiento.

El puente de San Fernando se conserva sin modificaciones y fue sustituido parcialmente por un puente aguas abajo en los años 30; en esta zona el río está sin canalizar y por ello el puente no ha sufrido las consecuencias; sería necesario únicamente una limpieza de las márgenes del río en su entorno porque están muy degradadas.

L-XXI.—PUENTES ENSANCHADOS MEDIANTE EL TRASLADO DE UN PARAMENTO

El puente de Viveros, en la carretera de Barcelona sobre el río Jarama (1), y el puente de la carretera de Extremadura, cerca de Navalcarnero, sobre el río Guadarrama (2), han sufrido transformaciones paralelas.

El primero es un puente de Carlos III y el segundo un puente fechado en 1805 por una inscripción de gran tamaño en la clave del arco dos del puente.

En ambos casos se ha trasladado un paramento, en el primero el de aguas arriba y, en el segundo, el de aguas abajo; las bóvedas se han ensanchado con hormigón. Posteriormente, al desdoblarse las carreteras se han construido puentes en paralelo muy próximos a ellos.

erosión de las laderas puede dejar las cimentaciones al aire hasta derribarlos.

Por todos los motivos expuestos es fundamental realizar un estudio a fondo de las condiciones en que se encuentran las cimentaciones de los puentes históricos, pues en un porcentaje muy grande de ellos, este es el problema más grave que plantean, problema que se agrava en las grandes riadas.

El recalce de un puente de piedra es siempre un problema difícil y costoso; en primer lugar, porque siempre dificulta y encarece una cimentación el hecho de que la obra esté ya construida y, en segundo lugar, porque el peso propio del puente es muy grande, del orden de diez veces el peso de un puente actual de luces análogas.

Avenidas de los ríos

Las avenidas, además de los efectos de descalce que producen en las cimentaciones, plantean otros tipos de problemas que pueden también hacer peligrar la estabilidad del puente:

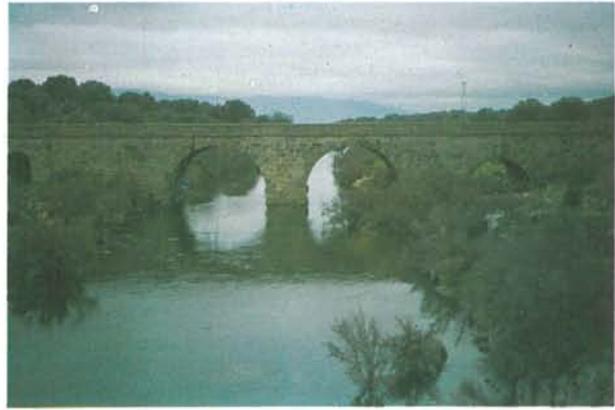
1.º En primer lugar, el puente puede tener un desagüe insuficiente, lo que produce una sobreelevación de la cota del río por efecto presa; en estas condiciones, el empuje del agua sobre tímpanos y pilas puede derribarlo total o parcialmente; este efecto presa puede agravarse cuando el río en avenida arrastra árboles y otros objetos sólidos que pueden cegar parcialmente los arcos, disminuyendo considerablemente la capacidad de desagüe del puente; en este caso, además del peligro de la estabilidad del puente, que puede no existir si tiene capacidad resistente, se produce una sobreelevación del nivel de la crecida que puede ocasionar efectos desastrosos. Poco puede hacerse para resolver este problema, pues es función de la geometría del puente y, por tanto, cualquier mejora de desagüe obligaría a cambiar su forma; pueden mejorarse las condiciones hidráulicas del cauce o tratar de dar posibilidades de salida al río a los lados del puente en avenidas extraordinarias, mediante terraplenes de acceso inundables que, en caso de necesidad, serán arrastrados por el río aumentando su capacidad de desagüe. Con este planteamiento se ha reconstruido el puente de Arfá, sobre el río Segre, cerca de Seo de Urgel. El puente tenía tres arcos y en la margen derecha terminaba en una pila; por ello la hipótesis más probable es que el puente tuviera un arco más, desaparecido en riadas anteriores. El puente terminaba en un terraplén que la avenida de noviembre del 82 se llevó en su totalidad, lo que salvó probablemente al puente de sufrir daños mayores. La reconstrucción realizada consistió en construir el cuarto arco para aumentar la capacidad de desagüe en crecidas normales, pero dejando el acompañamiento mediante un terraplén inundable para que el

L-XXII.—RECTIFICACIONES DE RASANTE

1



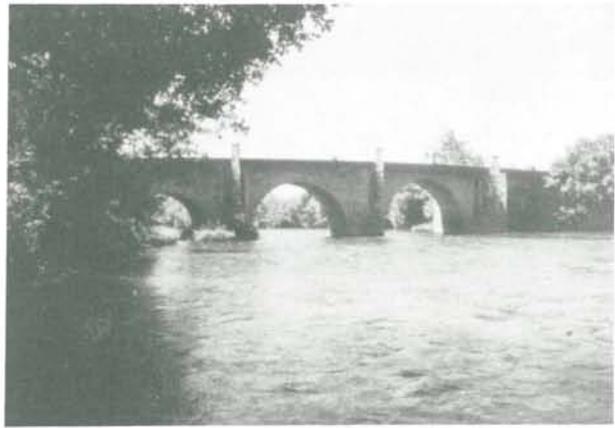
2



3



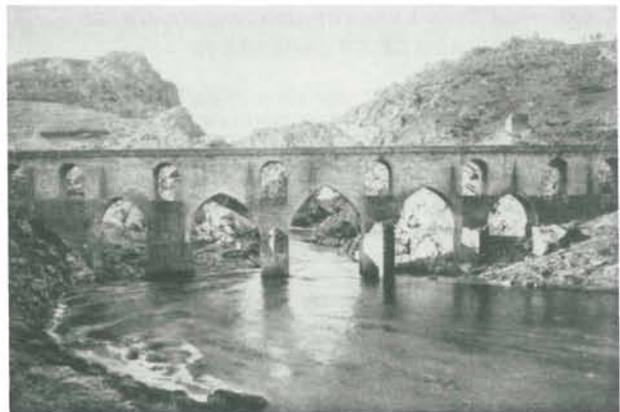
4



5



6



L-XXII.—RECTIFICACIONES DE RASANTE

Casi todos los puentes en uso han sufrido rectificaciones de rasante por exigencias del tráfico, que han transformado su fisonomía. En el del Guijo ya se han presentado fotografías antes y después de la rectificación. Presentamos otros dos ejemplos con fotografías antes y después de dicha transformación:

(1 y 2) Puente de Caparra, sobre el río Ambroz. Fue rectificado para ponerlo nuevamente en uso pues había quedado abandonado. Es un puente romano situado en la Vía de la Plata.

(3 y 4) Puente de Oliveira, sobre el río Xallas. También rectificadoporque estaba fuera de uso; antes de la rectificación conservaba el pavimento original.

Una variación radical de rasante fue la efectuada en el puente de Caldas de Montbuy (5) sobre el río Caldas; para ello se construyó sobre el puente original una arquería de luces pequeñas que permitió levantar el tablero aproximadamente dos metros.

Una solución del mismo tipo se empleó a principios de siglo para levantar la rasante del puente de Ricobayo sobre el Esla (6) creando unos arquillos de aligeramiento desmesurados. Es un puente del siglo XIII y actualmente está sumergido en el embalse de Ricobayo.

río pueda volver a llevarse en caso de grandes avenidas.

- 2.º En otros casos el problema puede no tener soluciones de este tipo y, por tanto, sólo caben dos actuaciones: llevarse el puente o llevarse el río. Esta última solución se aplicó en Valencia después de la riada del Turia, en los años 50, donde la falta de capacidad de desagüe de los puentes agravó considerablemente los efectos catastróficos que se produjeron. La insufi-

ciencia de desagüe de los puentes podría haberse resuelto sustituyéndolos, pero se optó por llevarse el río fuera de la ciudad, dejando el cauce del interior totalmente seco. Las razones para llegar a una solución tan drástica tuvieron que ser muy fuertes, pues es muy duro dejar a Valencia sin río.

- 3.º La fuerza del agua en avenidas puede arrastrar sillares de los paramentos o dovelas de los arcos, hasta hundirlos o dejarlos en una situación precaria; es necesario por ello efectuar revisiones y reparaciones después de las grandes avenidas. En la avenida del 82, en el Llobregat, hubo desperfectos en los puentes de Pobla de Lillet, Guardiola de Berga y Serch, fundamentalmente en los dos últimos. Del primero se hizo un proyecto de restauración, pero los otros dos si no se reparan en breve plazo desaparecerán totalmente:

En el puente de Serch se descalzaron los muros de acompañamiento y el río se llevó dovelas del arco en arranques y en clave. En el de Guardiola de Berga se ha producido el mismo efecto, derrumbándose los tímpanos de aguas arriba en la margen izquierda quedando el relleno al exterior; éste se ha mantenido por estar formado a base de piedra, pero su estabilidad es muy precaria y, por tanto, durará muy poco tiempo.

En esta situación se encuentran infinidad de puentes que nadie repara porque a nadie pertenecen.

Problemas de la estructura del puente

Características de la piedra

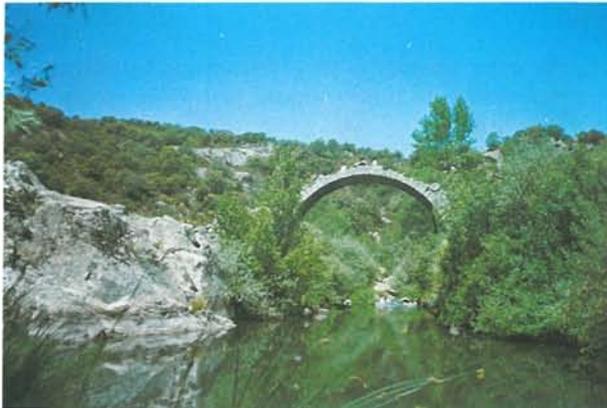
En cualquier estructura de cualquier material existen problemas de durabilidad que pueden ser debidos a las características del material o a malas condiciones de mantenimiento. En nuestro caso, el material es la piedra con que están hechos los arcos, tímpanos, y pilas. Existen muchas clases de piedra, unas mucho más durables que otras, pero a la hora de construir un puente o cualquier otra obra hay que contar con la que exista en el entorno. Muchos puentes tienen o han tenido una vida limitada por el deterioro de la piedra que puede producirse por muchas causas: por meteorización, problema que se agrava en las zonas urbanas debido a la contaminación; por erosión eólica; por erosión o ataque químico del agua, heladicidad, etc. Existen actualmente tratamientos para proteger la piedra, aunque el problema es complejo y delicado porque un tratamiento superficial puede producir efectos contrarios a los que se buscan. Este es un problema común a todas las obras de piedra y, por tanto, no específico de las obras de ingeniería, existiendo técnicas muy especializadas que requieren un estudio específico de cada tipo de piedra.

L-XXIII.—PUENTES QUE HAN PERDIDO LOS TIMPANOS

1



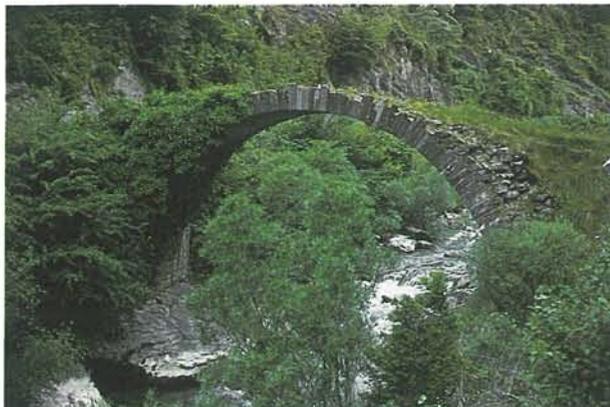
2



3



4



5



L-XXIII.—PUENTES QUE HAN PERDIDO LOS TIMPANOS

Son muchos los puentes que se encuentran en esta situación, probablemente debida al mal funcionamiento de los tímpanos que se han caído por insuficiencia de los muros de cierre.

En todos ellos el arco está exento en un ángulo aproximado de 120°, continuándose en los salmeres formados por el macizo de las pilas.

(1) Puente de Mantible, sobre el río Ebro, cerca de Logroño. Quedan dos arcos, faltando el principal entre ellos y cuatro laterales. Parece que el puente se encuentra en ruinas al menos desde el siglo XV.

(2) Puente cerca de Torrelodones, sobre el río Guadarrama. Tiene una luz de 8,80 m y es sorprendentemente estrecho (2,80 entre paramentos exteriores).

El despiece del arco es curioso porque en los arranques las dovelas son irregulares de forma y tamaño y no se regularizan hasta los 30°.

(3) Puente de Udrión, sobre el río Nalón.

(4) Puente de Isaba, sobre el río Esca.

(5) Puente de Pazos de Arenteiro, sobre el río Avia.

El puente del Diablo sobre el Cardoner (L-III) se encuentra también en estas condiciones.

Filtraciones de agua en el interior del puente

Este es uno de los problemas más generalizados que producen deterioro de la piedra, cuyo efecto se aprecia en la mayoría de los intradoses de los arcos. El pavimento del puente no es impermeable, y por tanto el relleno se empapa de agua presentando dificultad de salida debido a que no existe drenaje. El agua se va filtrando por el intradós del arco, manteniendo humedades durante tiempos muy prolongados; este mismo fenómeno se produce muchas veces también en los tímpanos, aunque en general el problema es menos grave. Para evitar es-

te deterioro, es necesario realizar una impermeabilización del trasdós del arco y un buen drenaje del relleno. La forma más fácil de realizar esta impermeabilización es con una capa de hormigón, que además produce una solidarización de las zonas que se encuentren en mal estado; antes del hormigonado es necesario realizar un cuidadoso sellado de las juntas para evitar que por ellas pueda salirse la lechada de cemento y manchar la piedra. También es necesario estudiar la compatibilidad de la piedra y el hormigón pues, en muchos casos, el cemento puede atacar a la piedra.

Paradójicamente, en el caso del acueducto de San Pere de Riudebitlles, las filtraciones han reforzado los arcos en vez de deteriorarlos. La piedra del acueducto es una caliza tobácea y las aguas filtradas debían tener alto contenido en carbonatos, por lo que se ha formado en el intradós un recubrimiento calizo que en ciertas zonas forma verdaderas estalactitas.

Empuje de tierras sobre los tímpanos

El relleno puede producir empujes importantes sobre los tímpanos cuando éstos son muy altos. Este empuje puede incrementarse si el relleno no tiene drenaje y queda saturado de agua, aunque en general los muros de sillería drenan bastante bien.

El problema del empuje de tierras no está claro en la ingeniería hasta épocas muy recientes. Existen muros altos en todas las épocas, pero construidos con criterios muy poco claros. Pueden verse los muros de los tambores en el acceso del puente largo del Jarama, que tienen un desplome con una curvatura tal que parece hecha expofeso; necesitan una reparación urgente.

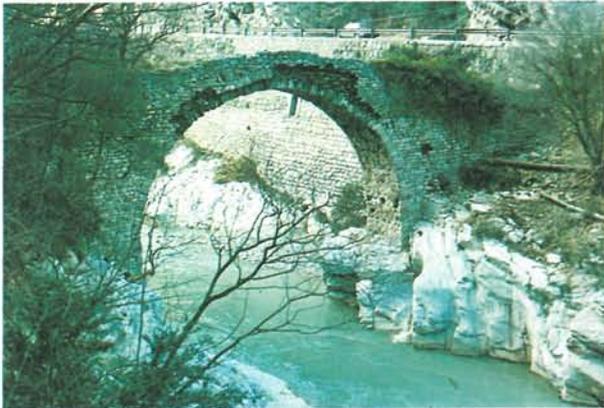
El tipo de relleno en los puentes, y su poca anchura en la mayoría de ellos, hace que los empujes sobre los tímpanos hayan sido, en general, pequeños. Como ejemplo puede verse el puente de Guardiola de Berga en que el tímpano se ha caído, y se ha mantenido el relleno casi vertical.

Ahora bien, el que en la mayoría de los casos no haya habido problemas en los tímpanos no quiere decir que no se hayan producido rotura de tímpanos y que, probablemente, sea la causa estructural que ha producido mayor número de hundimientos parciales o totales.

Se pueden citar muchos casos de tímpanos rotos que han arrastrado parte de la bóveda del arco: el puente de San Martín de Elines, sobre el Ebro; el puente de Villanueva Rampalay, también sobre el Ebro; el puente de Peñafiel, sobre el Duero; el puente del Ahorcado, sobre el río Curueño, en el que el arco no ha sufrido deterioro; etc. También se han citado ya muchos puentes de los que únicamente quedan los arcos, lo cual quiere decir que

L-XXIV.—PUENTES EN MAL ESTADO

1



2



3



4



L-XXIV.—PUENTES EN MAL ESTADO

La mayoría de los puentes de piedra necesitan reparaciones. Presentamos aquí puentes en estado de ruina inminente y puentes en buen estado pero que, si no se reparan, pueden llegar a deteriorarse rápidamente.

(1 y 2) Puentes de Serch y Guardiola de Berga, sobre el río Llobregat. Debieron sufrir fuertes daños en la riada de noviembre de 1982. Las fotografías están hechas poco tiempo después de esta riada. Los daños sufridos se describen en el texto.

(3) Puente del Ahorcado, sobre el río Curueño. Es un arco muy perfecto de 15,80 m de luz en el que se ha caído el muro del tímpano de aguas abajo margen izquierda. El relleno se va vaciando pues no tiene consistencia y terminará quedando el semiarco exento, situación de carga que probablemente no resistirá el arco. Es necesario rehacer urgentemente el tímpano.

(4) Puente sobre el río Voltoya, en el camino de Villacastín a Avila. Es un arco de 12,60 m de una perfección singular tanto de directriz como de dovelado. El puente se encuentra en muy buen estado salvo los pretiles, pero la cimentación de margen izquierda se está descalzando por arrastre del agua de las piedras bajo el cimientto. Si no se recalza puede descalzarse el arco, lo que provocaría su hundimiento.

los tímpanos se han caído. En todos los puentes con rotura parcial de los tímpanos se observa que los muros laterales son sorprendentemente delgados para la altura de tierras que deben soportar.

Este problema se agrava con el aumento de las sobrecargas, pues el empuje lateral del relleno crece significativamente con este efecto que, como ya se ha indicado, afecta muy poco al conjunto de la estructura, pero en cambio puede tener efectos locales peligrosos en los tímpanos. En algunos casos este empuje lateral sobre ambos tímpanos ha producido grietas longitudinales en la bóveda de cierta

consideración. Este es otro problema importante a estudiar en cualquier actuación sobre puentes históricos.

En el puente de Jarandilla, sobre la Garganta Jaranda, el desplome de uno de los tímpanos era bastante alarmante. La solución adoptada fue sustituir el relleno por hormigón, extendiéndolo en tongadas relativamente pequeñas para evitar el empuje. En el puente de Piedra de Zaragoza se ha previsto un relleno de grava-cemento sobre una capa de hormigón en el trasdós de los arcos para impermeabilizarlos; este tipo de relleno tiene cohesión suficiente para reducir el empuje prácticamente a cero.

Los demás problemas que pueden plantearse en los puentes de piedra son los que se producen en todas las grandes construcciones de sillería: agrietamientos por deformaciones de cimientos o por mal apoyo de los sillares sobre el terreno de cimentación; agrietamientos por mal apoyo de unos sillares sobre otros, lo cual produce concentraciones de carga que pueden agrietarlos; vegetación con raíces en el relleno, que puede llegar a producir empujes adicionales y reventar los paramentos como ha ocurrido en muchas ocasiones, y multitud de casos particulares que no pueden enumerarse exhaustivamente.

De todo este apartado se deduce que los puentes de piedra son estructuras que en muchos casos tienen luces grandes y en las que, por tanto, pueden producirse problemas estructurales graves, aunque longitudinalmente se trate de una estructura muy adecuada y que se adapta muy bien a los incrementos de sobrecarga.

LOS PUENTES HISTORICOS POSTERIORES A LA PIEDRA

Aunque este trabajo está fundamentalmente dedicado a los puentes de piedra, y un análisis del problema de los puentes metálicos y de hormigón con carácter histórico llevaría a un trabajo de las mismas o mayores dimensiones que éste, consideramos conveniente plantear algunos problemas concretos que pueden servir de referencia para casos análogos.

En el comportamiento de los puentes metálicos hay un problema fundamental que los diferencia de los de piedra: en este caso el valor de la relación carga permanente/sobrecarga es muy pequeña al contrario que sus predecesores, y, por tanto, es muy sensible a cualquier incremento en las cargas de tráfico; esto, unido a la fragilidad de las fundiciones de las primeras épocas, hace que muchos de estos puentes estén actualmente fuera de servicio, o fuera de los límites de seguridad exigidos actualmente a las obras de ingeniería. En la mayoría de los casos

L-XXV.—PUENTE DE VILLANUEVA RAMPALAY SOBRE EL
EBRO

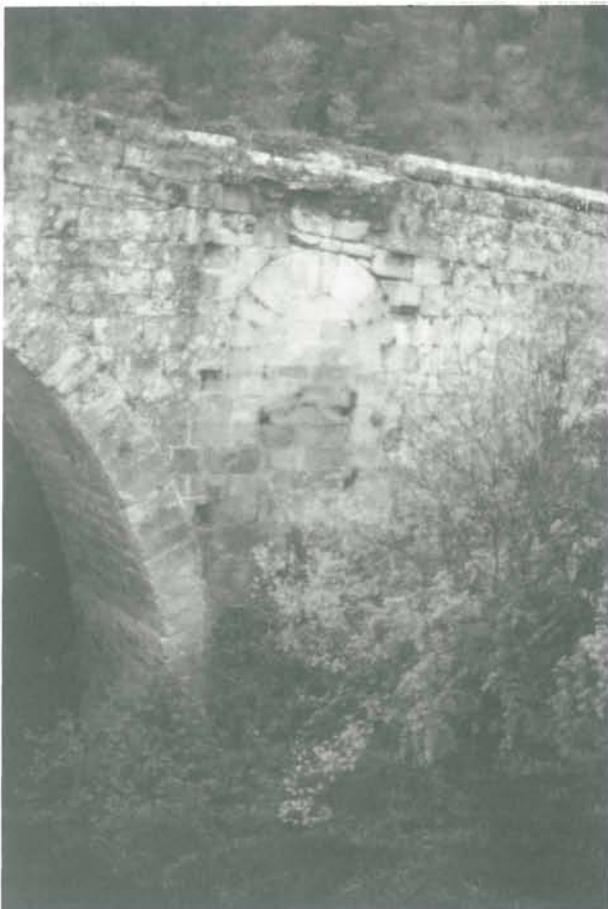
1



3



2



4



L-XXV.—PUENTE DE VILLANUEVA RAMPALAY SOBRE EL EBRO

Ha sido sustituido recientemente por un puente de vigas inmediatamente aguas abajo de él y se encuentra en un estado de ruina alarmante.

Tiene seis arcos y dos vanos de vigas de madera; es un puente que ha sufrido muchas transformaciones en diferentes épocas. El puente original constaba probablemente de tres arcos con una composición simétrica y rasante en marcado lomo de asno. Posteriormente se le añadirían tres arcos en el lado derecho y uno pequeño en el izquierdo; parece que los dos tableros de madera se deben a la rotura de un arco, lo que se resolvió rehaciendo las pilas laterales y construyendo una pila de enmedio y los tableros de vigas.

Uno de los tajamares de aguas abajo se ha derruido y ha dejado al descubierto un arquillo de aligeramiento de gran tamaño (2); puede ser un puente romano de morfología análoga al puente de Luco sobre el Jiloca.

El paramento de aguas arriba de uno de los arcos se ha caído arrastrando parte del arco (3); viendo la sección del muro se comprueba su debilidad para la altura que debe resistir (4).

estos puentes se han sustituido, pero debe replantearse esta forma de actuar y considerar, antes de su derribo, su valor histórico tratando de conservar todos los que tengan interés; esto no es fácil de resolver, porque en general son puentes que difícilmente pueden reforzarse debido a las características del hierro con que están realizados.

Hay obras de ingeniería, sobre todo en zonas urbanas que, en muy poco tiempo, en menos de una generación, se convierten en algo característico de la ciudad o de su entorno, es decir, en patrimonio ur-

bano, lo cual se debe tener en cuenta a la hora de actuar en ellas. Este problema se ha manifestado en la reparación del viaducto de la calle de Segovia en Madrid. Es un puente de arcos de la época del modernismo, construido en los años 30; tenía problemas serios por alteración del hormigón del tablero, pilas y arcos. Por ello el Ayuntamiento convocó un concurso en el que podrían plantearse todo tipo de soluciones: sustitución total, parcial o reparación. La solución que se adoptó fue la sustitución del tablero y reparación de las zonas en mal estado, conservando el puente en su forma original. Pensamos que fue la solución correcta, pues este puente, sin ser una gran obra, ha tomado carácter en la ciudad y se hubiera aceptado mal una sustitución total.

Pero este planteamiento no puede llevarse hasta sus últimas consecuencias, como algunas opiniones contrarias a derribar los pasos de Atocha en Madrid, en razón de que ya forman parte de la ciudad y han estado presentes en hechos históricos.

Un caso claro en el que se manifestó esta adhesión al puente fue en la polémica que se produjo en Sevilla con el puente de Triana, sobre la dársena del Guadalquivir.

Este puente está formado por tres arcos de 40 m de luz y se realizó en 1850, copiando el antiguo puente de Carrousel en París, construido en 1839 y derribado en 1935 para sustituirlo por uno más ancho.

El puente de Triana estaba claramente fuera de los límites de seguridad exigidos actualmente por las normas; por ello se propuso sustituirlo por un puente de hormigón, pues el eje vial urbano no podía variarse y, por tanto, no había posibilidad de hacer una variante. El puente antiguo podía desmontarse y utilizarse para construir una pasarela aguas abajo de la posición actual.

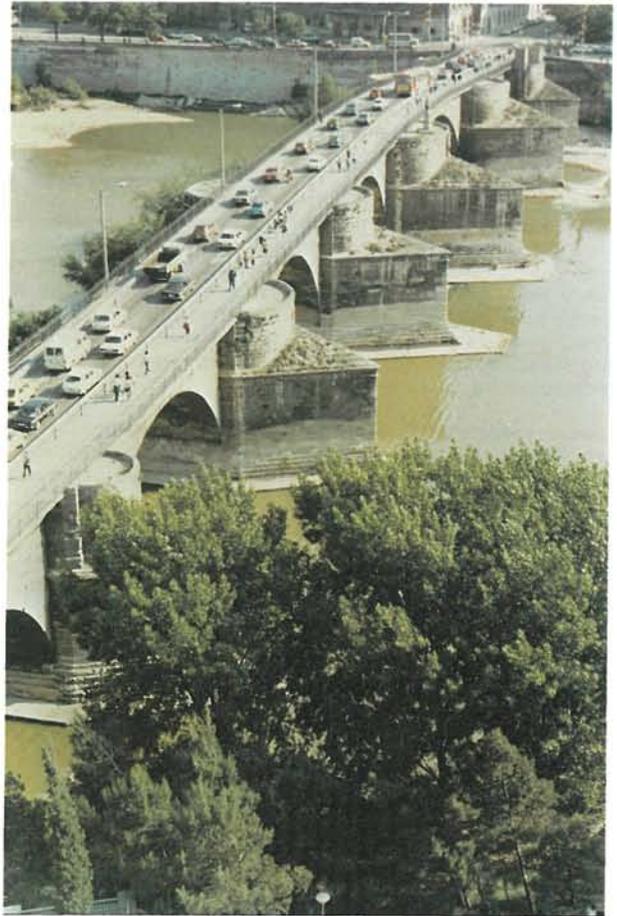
Este planteamiento levantó una fuerte oposición en la ciudad y se consiguió un cambio de solución que fue la que finalmente se construyó: se sustituyó el tablero existente por un tablero metálico autoportante muy esbelto, que salva la luz total de cada vano apoyándose sobre las mismas pilas del puente, pero con independencia de los arcos que quedan como mera decoración; el conjunto conserva bastante bien la fisonomía del puente primitivo. Esta solución, estructuralmente falsa y por tanto difícil de asimilar por personas familiarizadas con las estructuras es, sin embargo, una solución que puede ser válida para la mayoría de la población, que al no tener imagen de los problemas estructurales no existe para ellos veracidad o falsedad en el puente.

Fue declarado monumento nacional por Decreto de 1976 a raíz de esta polémica.

L-XXVI.—PUENTE DE PIEDRA DE ZARAGOZA SOBRE EL RIO EBRO



1

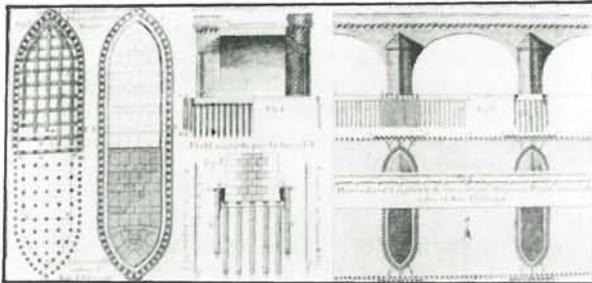


2



3

L-XXVII.—CIMENTACIONES CON PILOTES DE MADERA



1



3



2



4

L-XXVI.—PUENTE DE PIEDRA DE ZARAGOZA SOBRE EL RIO EBRO

Consta de ocho arcos, siete visibles porque uno está enterrado en la margen derecha por el muro de defensa de margen en el borde de la ciudad.

Ha sufrido todo tipo de reconstrucciones y transformaciones que pueden darse en un puente.

La construcción se inicia en 1188 y se termina en 1440, es decir, dura 352 años. Tanto la construcción como las distintas intervenciones que ha sufrido a lo largo de la historia están muy documentadas en el archivo de la Corona de Aragón. Existe la hipótesis de que el origen del puente es romano, aunque de ser cierta poco debió quedar de él. En la pila enterrada en el muro hay un arquillo de aligeramiento que podría corresponder al puente inicial.

Ha sufrido hundimientos por riadas en muchas ocasiones. Una de ellas está reflejada en el cuadro de Velázquez-del Mazo, fechado en 1647, en el que faltan dos arcos.

En el siglo XVI se hace una reparación importante construyéndose probablemente los tajamares y espolones existentes que son desmesurados. En esta misma época debió construirse el muro de ribera.

En 1805 otra riada destruye un arco y, en la guerra de la Independencia, el ejército francés vuela otro arco al retirarse.

En 1910 se realizó un ensanche con voladizos formados por tornapuntas metálicas hormigonadas con la losa entre ellas; actualmente estos voladizos están en estado de ruina. En esta misma actuación se derribaron las torres existentes y se modificó la rasante del puente.

L-XXVII.—CIMENTACIONES CON PILOTES DE MADERA

El único sistema de cimentación profunda utilizado en los puentes de piedra consiste en pilotes de madera hincados en el terreno. Estos pilotes se arriostran en cabeza mediante emparrillados de madera sobre los que se coloca la sillería de las pilas.

En general este pilotaje no se ceñía exclusivamente a las pilas si no que los constructores, conscientes de los peligros de la socavación, lo extendían alrededor de las pilas uniéndolo, en muchos casos, todas las cimentaciones mediante una franja continua recubierta de losas.

La causa que ha destruido mayor número de puentes históricos es probablemente la insuficiencia de cimentación. Es además un problema costoso de solucionar pues cualquier tipo de recalce, dado el enorme peso propio de estos puentes, obliga a obras de gran envergadura, bien mediante pilotes, micropilotes, pantallas o inyección.

(1) Cimentación del puente de Molins de Rei, sobre el río Llobregat. La cimentación se extiende a lo largo de todo el puente existiendo una mayor concentración de pilotes bajo las pilas. Como ya se ha indicado, este puente se hundió por descalce de las pilas.

(2) Cimentación del puente de Gomeznarro, en el río Zapardiel. Han quedado al descubierto las cabezas de los pilotes y el emparrillado superior en el entorno de las pilas.

(3) Puente en el camino de Ataquines a Olmedo, sobre el río Adaja. Se trata de un puente de arcos de ladrillo y piedra, probablemente del siglo XIX, en completa ruina. Una de las pilas está cimentada sobre una pila de un puente anterior, a su vez cimentada sobre pilotes de madera; su mal estado y el del emparrillado superior están produciendo la ruina de la pila. En el nivel superior de la figura puede verse el inicio de la cimentación del segundo puente. El río ha debido sufrir variaciones muy importantes de nivel.

(4) Puente de Montalbán, sobre el río Tajo. En este caso se está efectuando una saca de arenas aguas abajo del puente y, por ello, se está descalzando el zampeado de las pilas moviendo las losas y dejando al descubierto el emparrillado de madera.

En realidad, en toda restauración con técnicas actuales de obras históricas, se produce una falsedad estructural. El problema radica entonces hasta qué grado puede llevarse esta falsedad.

Un caso de sustitución total ha sido el de los grandes viaductos de la línea de ferrocarril Linares-Almería, construidos a principios de siglo y atribuidos a Eiffel; por esta línea circulan actualmente grandes vagones de mineral de carga superior a la admisible por estos puentes, lo que llevó a estudiar su sustitución o su refuerzo; la mayoría de ellos se sustituyeron. No conocemos en detalle los estudios que se hicieron sobre las posibilidades de refuerzo, y si ello era viable, pero el resultado es que unas obras magníficas de la historia de la ingeniería española han desaparecido, aunque es posible que esto fuera inevitable porque, una vez sustituidos, es imposible mantener vivos unos viaductos de ferrocarril fuera de uso.

Un ejemplo inverso es el de la pasarela de Santa Eulalia en Hospitalet, sobre el ferrocarril, que es un arco superior metálico con problemas de corrosión en ciertas zonas y por ello se pensó en sustituirla, pero una revisión de la estructura hizo posible que, con pocos refuerzos, la sustitución de algún perfil y los apoyos, la pasarela pudiera conservarse, salvándola de su derribo.

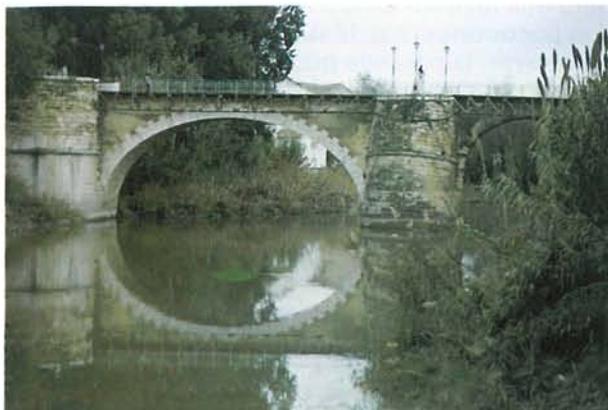
Sería necesario una revisión y conservación de este tipo de puentes que, generalmente en nuestro país, es insuficiente, hallándose la mayoría de los puentes metálicos faltos de pintura, limpieza de apoyos y demás cuidados que un puente en servicio necesita. Pero este problema no incide sólo en el aspecto histórico de la obra, sino que primordial y fundamentalmente incide en su condición funcional, seguridad y durabilidad como obra de ingeniería en servicio.

L-XXVIII.—ASIENTO DE LA PILA CENTRAL DEL PUENTE DE PUENTE-GENIL

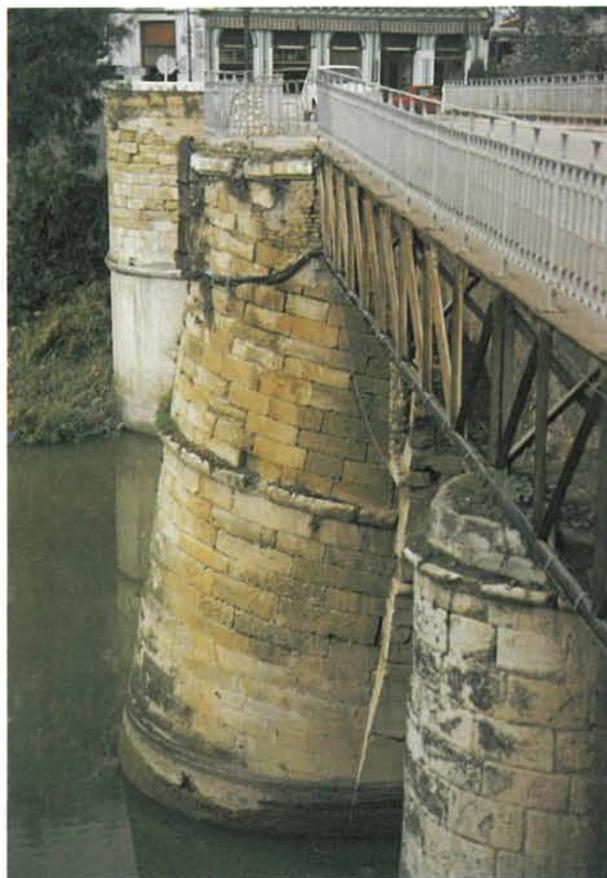
Este puente consta actualmente de tres arcos, uno mayor y más moderno en margen derecha y dos más pequeños en margen izquierda. Probablemente el puente original tenía dos arcos de luces análogas.

La pila central ha sufrido un giro por asiento de cimentación que se aproxima a los diez grados. Esto debió originar el hundimiento de los arcos y el derrumbe del paramento de aguas arriba, que se reconstruyó posteriormente en vertical. Los arranques de los nuevos arcos se acoplaron a la pila inclinada, conservándose ésta con todo su asiento y la inclinación del paramento de aguas abajo.

1



2



INDICE DE PUENTES CITADOS

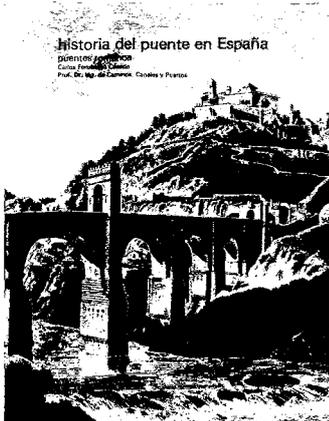
| | | | |
|-----------------------|-----------------------|------------|---------------|
| ADRADA | TIETAR | AVILA | L-VIII |
| AGONCILLO | LEZA | RIOJA | 9 |
| AHORCADO (DEL) | CURUEÑO | LEON | 45-L-XXIV |
| ALANGE | MATACHEL | BADAJOS | 17 |
| ALARDOS | GARGANTA DE ALARDOS | CACERES | L-VIII |
| ALCANTARA | TAJO | CACERES | 11-21-39-L-I |
| ALCANTARA DE TOLEDO | TAJO | TOLEDO | 21-L-XI |
| ALCAÑIZ | GUADALOPE | TERUEL | L-XIV |
| ALCOLEA | GUADALQUIVIR | CORDOBA | L-VII |
| ALCONETAR | TAJO | CACERES | 11-27-35 |
| ALDEA DEL FRESNO | ALBERCHE | MADRID | 31-L-XIX |
| ALGETE | JARAMA | MADRID | 31 |
| ALMARAZ | TAJO | CACERES | 9-13-L-VI |
| ALMONTE | ALMONTE | CACERES | 25 |
| ALUENDA | ALUENDA | ZARAGOZA | 11 |
| ANDUJAR | GUADALQUIVIR | JAEN | 11-L-II |
| ARANDA DE DUERO | DUERO | BURGOS | 29-L-XVII |
| ARENAS DE SAN PEDRO | ARENAL | AVILA | L-VIII |
| ARFA | SEGRE | LERIDA | 29-41-L-XVII |
| ATAQUINES | ADAJA | VALLADOLID | L-XXVII |
| BARCO DE AVILA | TORMES | AVILA | 21 |
| BERBINZANA | ARGA | NAVARRA | 31-L-XIX |
| BESALU | FLUVIA | GERONA | 9-21-L-XI |
| BESIANS | ESERA | HUESCA | L-IV |
| BOLTAÑA | ARA | HUESCA | 25 |
| BROTO (I) | ARA | HUESCA | 19 |
| BROTO (II) | SORROSAL | HUESCA | L-XIII |
| BURGO (DEL) EN | | | |
| PONTEVEDRA | LEREZ | PONTEVEDRA | 31-L-XVIII |
| CABEZON DE PISUERGA | PISUERGA | VALLADOLID | 13-L-VI |
| CALATAYUD | JALON | ZARAGOZA | 29 |
| CALDAS DE MONTBUY | CALDAS | BARCELONA | 35-L-XXII |
| CALDERA EN VENTAS DE | | | |
| GETINO | TORIO | LEON | L-XIII |
| CANGAS DE ONIS | SELLA | ASTURIAS | 13 |
| CAPARRA | AMBROZ | CACERES | 35-L-XXII |
| CAPELLA | ISABENA | HUESCA | 9-L-IV |
| CARDENAL (DEL) | TAJO | CACERES | 25 |
| CASTELBELL I EL VILAR | LLOBREGAT | BARCELONA | 9-13-37-L-III |
| CIHURI | TIRON | RIOJA | 11-L-II L-XV |
| CONDE (DEL) | TAJO | CACERES | 17 |
| CORDOBA | GUADALQUIVIR | CORDOBA | 11-23 |
| CORDOVILLA LA REAL | PISUERGA | PALENCIA | L-VI |
| CORIA | ALAGON | CACERES | 39 |
| CUACOS | GARGANTA SAN GREGORIO | CACERES | L-VIII |
| CUARTOS | GARGANTA DE CUARTOS | CACERES | L-VIII |
| DIABLO | CINCA | HUESCA | 25 |
| DIABLO | ESERA | HUESCA | L-IV |
| DIABLO EN CARDONA | CARDONER | BARCELONA | 13-17-35-37 |
| | | | L-III L-XXIII |
| DIABLO EN MARTORELL | LLOBREGAT | BARCELONA | 9-19-L-X |
| DONCELLAS (LAS) | AMBROZ | CACERES | 23-L-XIII |
| DUQUE | TORMES | AVILA | 31 |
| ESTELLA | EGA | NAVARRA | 29 |
| FERRERA EN BOLTAÑA | FERRERA | HUESCA | 35 |
| FISCAL | ARA | HUESCA | 19 |
| FRIAS | EBRO | BURGOS | 9-21-L-XI |
| FUENFRIA | GUADARRAMA | MADRID | 11 |
| GALISTEO | JERTE | CACERES | 9-13-L-VI |

| | | | |
|--------------------------|-------------------|------------|----------------|
| GARGANTA LA OLLA | GARGANTA DE PEDRO | CACERES | L-VIII |
| GARRAY | CHATE | SORIA | 13 |
| GOMEZNARRO | DUERO | VALLADOLID | L-XXVII |
| GUARDIOLA DE BERGA | ZAPARDIEL | BARCELONA | 43-45-L-XXIV |
| GUIJO DE LA GRANADILLA | LLOBREGAT | CACERES | 27-L-VIII |
| | ALAGON | | L - XV |
| HOSPITAL DE ORBIGO | ORBIGO | LEON | 13 |
| ISABA | ESCA | NAVARRA | 35-L-XXIII |
| JARANDILLA | GARGANTA JARANDA | CACERES | 47-L-VIII |
| LAGUNA DE DUERO | DUERO | VALLADOLID | 25 |
| LARRAGA | ARGA | NAVARRA | 31-L-XIX |
| LEGASA | BIDASOA | NAVARRA | 25-L-XVI |
| LERMA | ARLANZA | BURGOS | 29 |
| LESACA | BIDASOA | NAVARRA | L-XVI |
| LIZARTZA (II) | ARAXES | GUIPUZCOA | 25 |
| LIZARTZA (III) | ARAXES | GUIPUZCOA | 29 |
| LUCO | JILOCA | TERUEL | 11-L-II L-XV |
| MAGDALENA EN PAMPLONA | ARGA | NAVARRA | 13-L-V |
| MANTIBLE | EBRO | RIOJA | 17-35-L-XXIII |
| MANRESA | CARDONER | BARCELONA | L-X |
| MERIDA | GUADIANA | BADAJOS | 11-L-II |
| MIRANDA DE ARGA | ARGA | NAVARRA | 31-L-XIX |
| MOLINS DE REI | LLOBREGAT | BARCELONA | 13-17-19-23-39 |
| | | | L-VII L-IX |
| MONISTROL | LLOBREGAT | BARCELONA | 13-37-L-III |
| MONTALBAN | TAJO | TOLEDO | L-XXVII |
| NAVALCARNERO | GUADARRAMA | MADRID | 33-L-XIX L-XXI |
| OLVEIRA | JALLAS | LA CORUÑA | 35-L-XXII |
| PASO SUPERIOR DE ATOCHA | ATOCHA | MADRID | 49 |
| PAZOS DE ARANTEIRO | AVIA | ORENSE | L-XXIII |
| PEÑAFIEL | DUERO | VALLADOLID | 29-45 |
| PEÑALAGUA | MANZANARES | MADRID | 29 |
| PEROBLASCO | CIDACOS | LOGROÑO | PORTADA |
| PIEDRA (DE) EN ZARAGOZA | EBRO | ZARAGOZA | 17-21-31-39-47 |
| | | | L-XIX L-XXVI |
| POBLA DE LILLET | LLOBREGAT | BARCELONA | 43-L-LXIX |
| PONT DE BAR | SEGRE | LERIDA | 17 |
| PUENTE DEL ARZOBISPO | TAJO | TOLEDO | 21-L-XII |
| PUENTE DEL CONGOSTO | TORMES | SALAMANCA | 21-L-XI |
| PUENTE LARGO EN | | | |
| ARANJUEZ | JARAMA | MADRID | 13-45-L-VII |
| PUENTE GENIL | GENIL | CORDOBA | 39-L-XXVIII |
| PUENTE NUEVO EN | | | |
| PLASENCIA | JERTE | CACERES | 13-L-VI |
| PUENTE LA REINA | ARGA | NAVARRA | 13-L-V L-XIX |
| PONT NOU DE | | | |
| CAMPRODON | TER | GERONA | 21 |
| QUINTANA DEL PUENTE | ARLANZON | PALENCIA | L-VI |
| QUINTANILLA DE ABAJO | DUERO | VALLADOLID | L-VI |
| RÉPARACEA | BIDASOA | NAVARRA | L-XVI |
| RETAMAR | GUADARRAMA | MADRID | 13-L-VII |
| REY (DEL) EN MADRID | MANZANARES | MADRID | L-XX |
| RICOBAYO | ESLA | ZAMORA | L-XXII |
| RIERA DE RUPIT | RIERA DE RUPIT | GERONA | 25 |
| ROMANILLOS | AMBROZ | CACERES | 23 |
| RONDA | GUADALEVIN | MALAGA | 13 |
| SALAMANCA | TORMES | SALAMANCA | 11-L-II |
| SAN FERNANDO EN | | | |
| MADRID | MANZANARES | MADRID | L-XX |
| SAN JOSE EN VALENCIA | TURIA | VALENCIA | 31-L-XXVIII |
| SAN JUAN DE LAS ABADESAS | TER | GERONA | 9-19-L-X |
| SAN MARTIN DE ELINES | EBRO | SANTANDER | 45 |

| | | | |
|--|----------------------------|------------|------------------|
| SAN MARTIN EN TOLEDO | TAJO | TOLEDO | 21-L-XI |
| SAN MIGUEL EN JACA | ARAGON | HUESCA | L-IV |
| SAN ROQUE EN VALDEROBRES | MATARRAÑA | TERUEL | 21-L-XI |
| SANTA EULALIA EN HOSPITALET (PASARELA) | FF.CC. MADRID-BARCELONA | BARCELONA | 51 |
| SANGÜESA | ARAGON | NAVARRA | 25 |
| SANTA MARIA DE LA PEÑA | GALLEGO | HUESCA | 25 |
| SEGOVIA EN MADRID | MANZANARES | MADRID | 31-33-L-XX |
| SERCH | LLOBREGAT | BARCELONA | 43-53-L-XXIV |
| SIMANCAS | PISUERGA | VALLADOLID | 39 |
| SORIA | DUERO | SORIA | 21 |
| SUSO | NAJERILLA | RIOJA | 25 |
| SUSQUEDA | TER | GERONA | 25 |
| TALAMANCA | JARAMA | MADRID | 39 |
| TAMUJA (I) | TAMUJA | CACERES | 25 |
| TAMUJA (II) | TAMUJA | CACERES | L-XIII |
| TOLEDO EN MADRID | MANZANARES | MADRID | 31-L-XX |
| TOLOSA-PUENTENUEVO | ORIA | GUIPUZCOA | 29-L-XVII |
| TOLOSA-PUENTEVIEJO | ORIA | GUIPUZCOA | 31 |
| TORDESILLAS | DUERO | VALLADOLID | 13 |
| TORO | DUERO | ZAMORA | 9 |
| TORRELODONES (I) | GUADARRAMA | MADRID | 33 |
| TORRELODONES (II) | GUADARRAMA | MADRID | 35-L-XXIII |
| TRES PONS | SEGRE | LERIDA | 19 |
| TRIANA EN SEVILLA | DARSENAL DEL GUADALQUIVIR | SEVILLA | 49 |
| TRUJILLO EN PLASENCIA | JERTE | CACERES | 29 |
| UDRION | NALON | ASTURIAS | 17-35-L-XXIII |
| VALDEINFIERNOS | GARGANTA DE VALDEINFIERNOS | CACERES | L-VIII |
| VALDESTILLAS | ADAJA | VALLADOLID | 11 |
| VALMASEDA | CADAGUA | VIZCAYA | 21-L-XI |
| VIADUCTOS FERROCARRIL | | GRANADA Y | |
| LINARES-ALMERIA | | ALMERIA | 51 |
| VIADUCTO DE SEGOVIA | CALLE SEGOVIA | MADRID | 49-L-II |
| VILLA DEL RIO | SALADO DE PORCUNA | CORDOBA | 11-29-L-XV |
| VILLANUEVA RAMPALAY | EBRO | BURGOS | 21-29-45-L-XXV |
| VIVEROS | JARAMA | MADRID | 13-33-LVII L-XXI |
| VOLTOYA | VOLTOYA | AVILA | L-XXIV |
| ZAMORA | DUERO | ZAMORA | 21-L-XII |

☆☆☆

publicación del I.E.T.c.c.



Historia del puente en España
puentes romanos
Carlos Fernández Casado
Prof. Dr. Ing. de Caminos, Canales y Puertos

historia del puente en España

puentes romanos

Carlos Fernández Casado
Prof. Dr. Ing. de Caminos, Canales y Puertos

Se han reunido en esta publicación doce artículos que fueron apareciendo durante 25 años en la Revista «Informes de la Construcción», a partir del mes de marzo de 1955. El propósito era mucho más ambicioso pues se trataba de hacer una «Historia del puente en España», pero hasta el momento actual sólo se ha revisado la época romana, si bien el autor tiene la intención de prolongar la historia hasta cuando sus años de vida le den lugar.

Unos apéndices añadidos a los doce artículos originales informan sobre las variaciones experimentadas por algunos puentes más importantes como la del traslado de las ruinas mejor conservadas del puente de Alconétar, que corrió el peligro de quedar sumergido en el embalse de Alcántara, y la reparación de la cimentación de una de las pilas centrales del puente de este mismo nombre que fue detectada, al quedar durante unos días cortado el curso del Tajo, para realizar el montaje de los desagües de fondo correspondientes a la presa del citado embalse.

Un volumen encuadernado en cuché, a dos colores, de 21 x 27,5 cm, compuesto de 554 páginas, 105 grabados, 14 dibujos, 753 fotos blanco y negro, 24 fotos color y 110 dibujos de línea.
Madrid, 1981.

Precios: España, 3.000 ptas.; extranjero, 43 \$ USA.