

ASOCIACION TECNICA ESPAÑOLA DEL PRETENSADO

DECLARADA DE UTILIDAD PUBLICA CON FECHA 4-3-77

**INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCION
EDUARDO TORROJA (C.S.I.C.)**

**COLEGIO DE INGENIEROS DE
CAMINOS, CANALES Y PUERTOS**

Ampliaciones de puentes en arco

**José Antonio Llombart
Jordi Revoltós
Ingenieros de Caminos
(Estudio de Ingeniería y Proyectos. EIPSA. Madrid)**

SEPARATA DE LA REVISTA

**HORMIGÓN
y acero**

n.º 198

1995

Ampliaciones de puentes en arco

José Antonio Llombart

Jordi Revoltós

Ingenieros de Caminos

(Estudio de Ingeniería y Proyectos. EIPSA. Madrid)

1. Introducción

La construcción de carreteras y ferrocarriles requiere, en ocasiones, ampliar parte de la infraestructura existente, construida en épocas en que era común resolver las estructuras mediante soluciones en arco.

La ampliación de obras antiguas plantea una problemática especial, por el hecho de que se precisa conjugar la tipología y aspecto de construcciones de otra época, con las que actualmente se realizan, contando con una tecnología y medios constructivos notablemente distintos.

En el orden estético, es deseable que en el proyecto de las ampliaciones se defina, como uno de los objetivos fundamentales, el mantenimiento de la apariencia de la obra existente, dentro de lo posible. Las dificultades de este tipo de obras consisten en compatibilizar el objetivo anteriormente señalado, con los requisitos económicos y los imperativos de plazo, propios de las construcciones de hoy en día.

La construcción de obras de fábrica en forma de arco ha sido realizada tradicionalmente mediante cimbras. Una obra de ampliación puede realmente ser acometida reproduciendo una forma similar a la existente y hormigonando la estructura sobre cimbra; sin embargo, las posibilidades derivadas de una solución con piezas prefabricadas y la disponibilidad de potentes medios de elevación, aportan notables ventajas en lo referente a economía y rapidez de ejecución.

A continuación se describen tres obras de ampliación de puentes existentes que han sido resueltas ventajosamente gracias a un proceso constructivo especialmente diseñado para cada caso y basado en la prefabricación de elementos de hormigón.

2. Viaducto sobre el Barranco de Silva en la Autopista Las Palmas-Aeropuerto, en la isla de Gran Canaria

La ampliación de la Autopista Las Palmas-Aeropuerto ha exigido la construcción de un Viaducto sobre el Barranco de Silva, al lado del existente (Fig. 1), formado por 10 vanos, con bóvedas de medio punto, de 11,80 metros de luz media entre ejes de pilas.

Se consideró aceptable construir el nuevo viaducto con tableros de vigas prefabricadas, disponiendo una pila, por cada tres de las existentes, es decir, con luces de 35,40 metros y con la condición de reproducir, en su coronación, el perfil de los arcos del antiguo viaducto, mediante la creación de unos capiteles, en cuyo extremo apoyaban las vigas (Véanse Figs. 1, 2 y 3) con el nuevo viaducto en fase de terminación).

Dada la altura del viaducto, las dimensiones de la zona de coronación y la forma especial, obligada por la obra de fábrica existente, no se consideró conveniente una construcción "in situ", debido al elevado costo de los elementos auxiliares; y se proyectó una solución con piezas prefabricadas, que se llevó a cabo en la forma que se describe a continuación.

Se construyeron las pilas mediante métodos tradicionales hasta la zona de arranque de los perfiles curvos, disponiéndose unas barras verticales de alta resistencia (Fig. 4). Se resolvió la coronación mediante la construcción de unos diafragmas que se prefabricaron en la propia obra, en disposición abatida y sobre el propio terreno, sin el empleo de cimbra alguna (Figs. 5, 6 y 7).

La operación de colocar cada una de las piezas en su posición definitiva se realizó con gran rapidez. Se diseñaron unos elementos de izaje, de tal

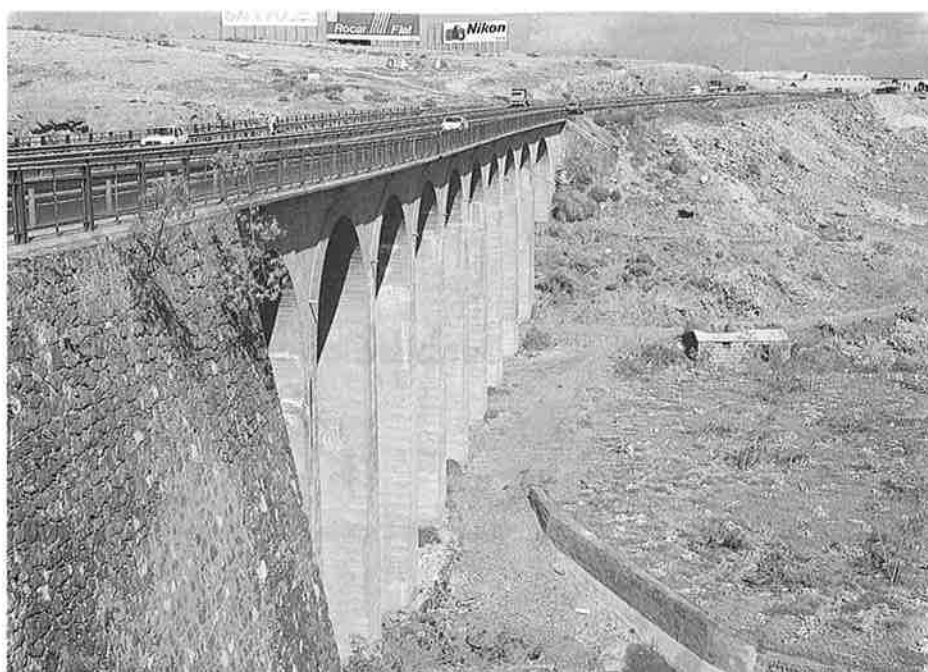


Fig. 1.

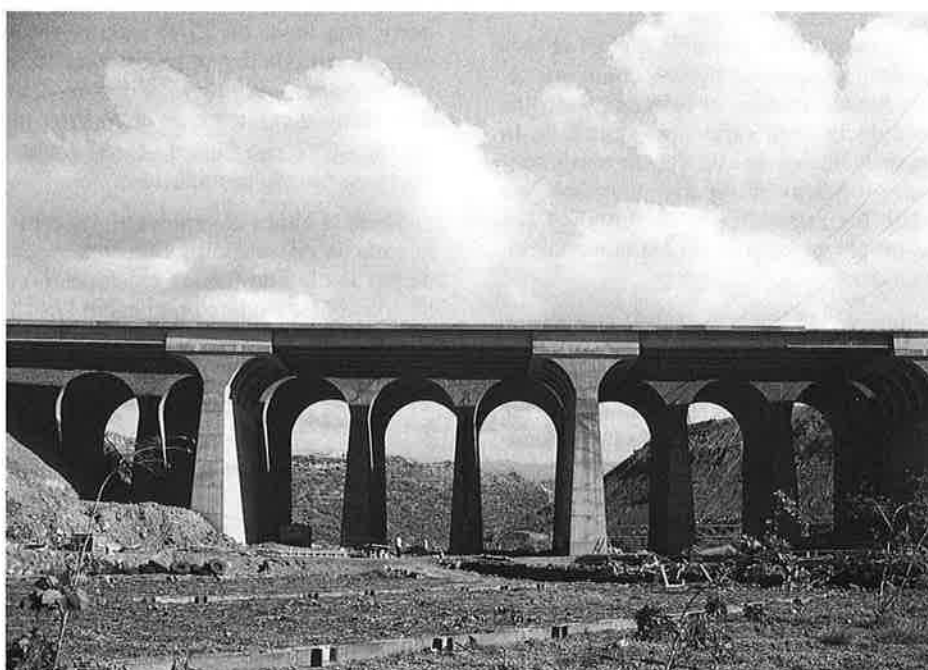


Fig. 2.

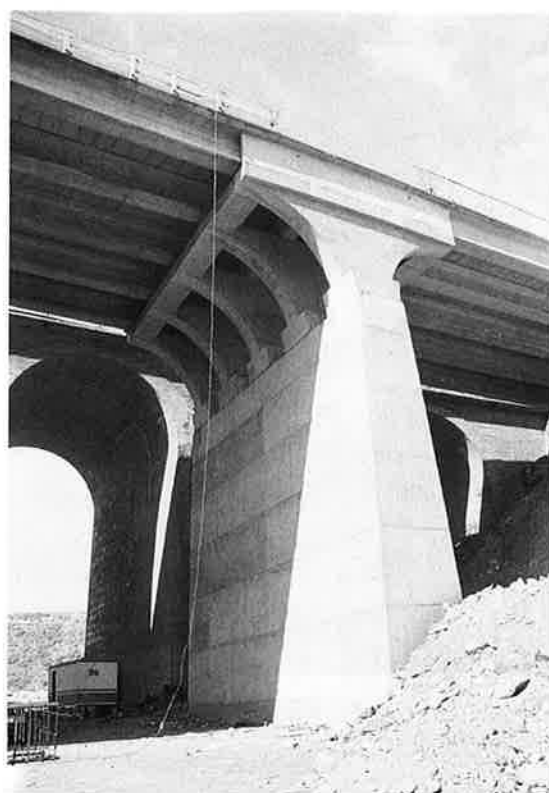


Fig. 3.



Fig. 4.

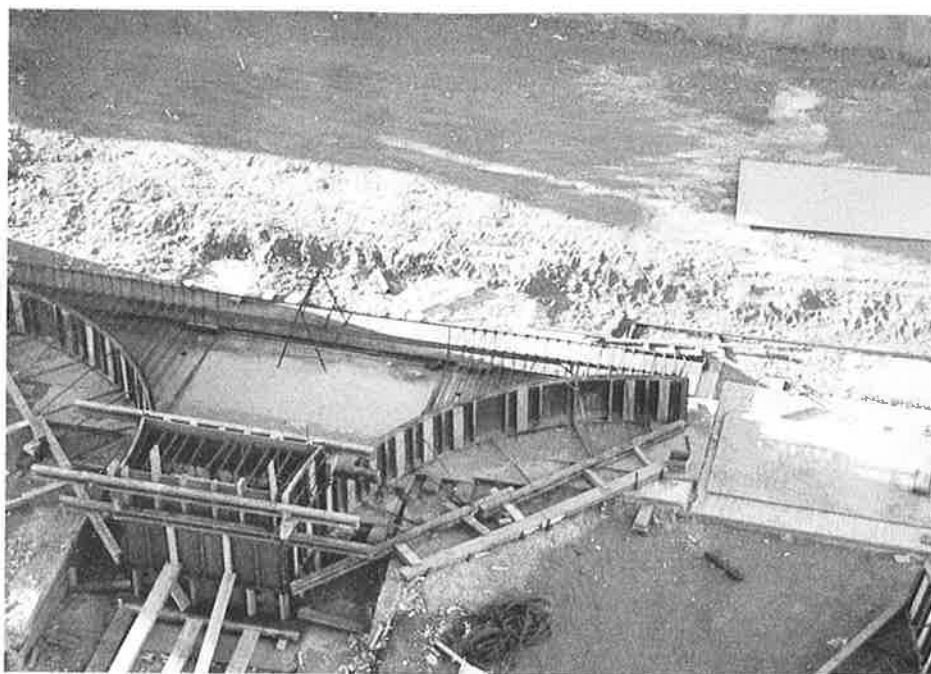


Fig. 5.



Fig. 6.

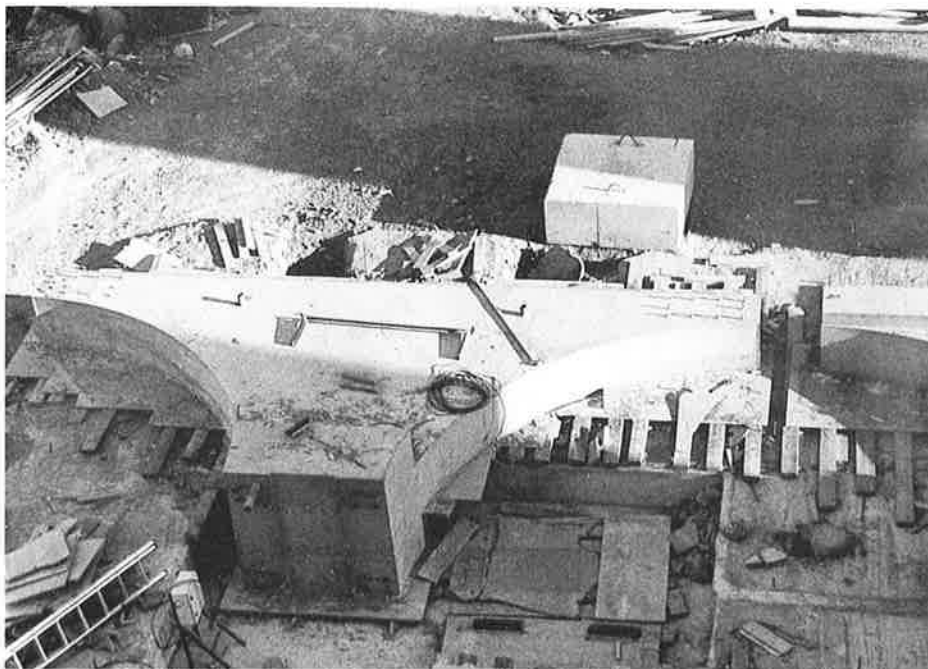


Fig. 7.

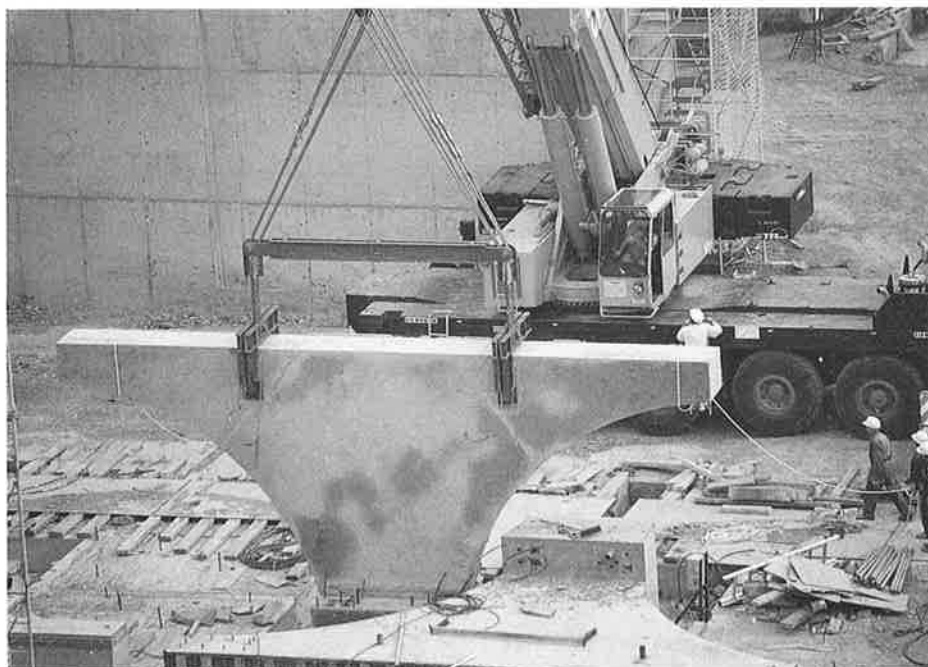


Fig. 8.

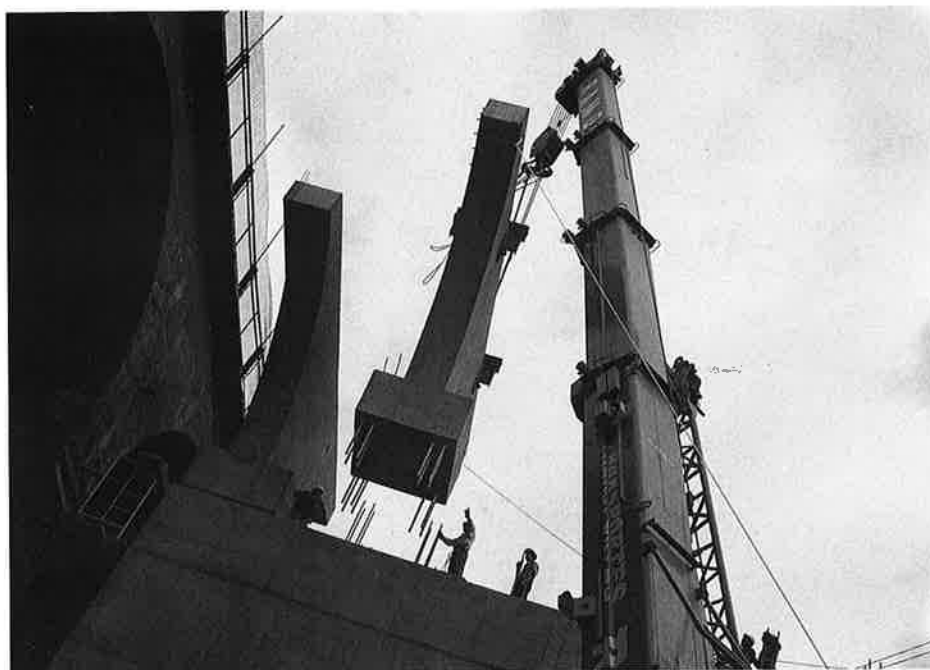


Fig. 9.

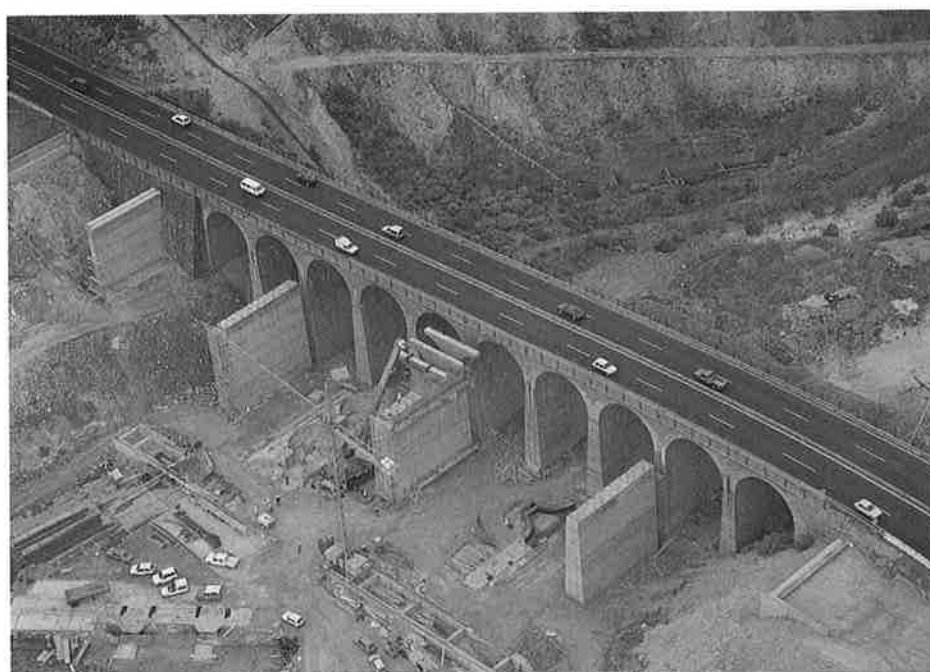


Fig. 10.

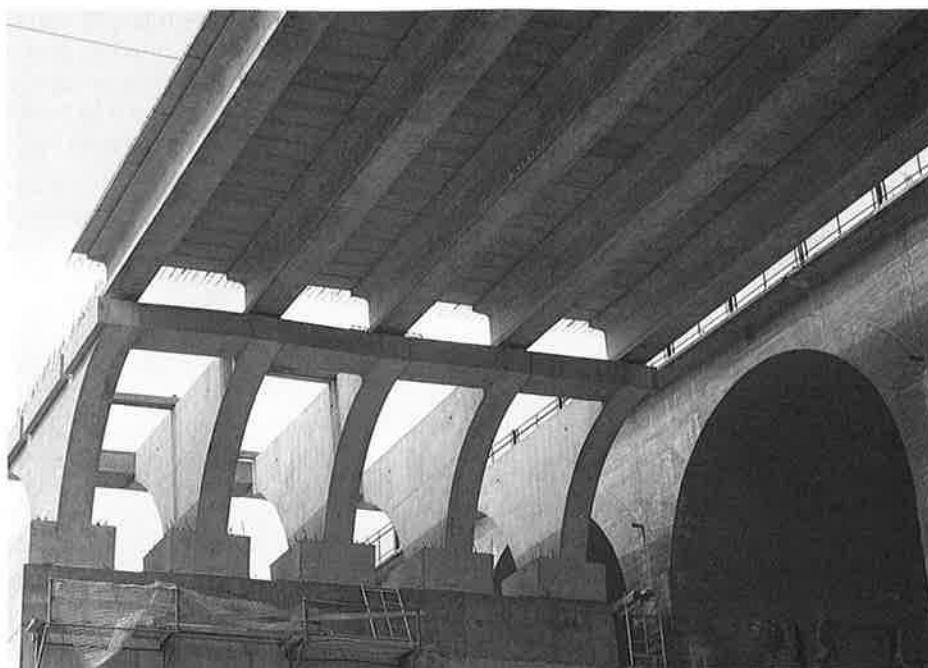


Fig. 11.

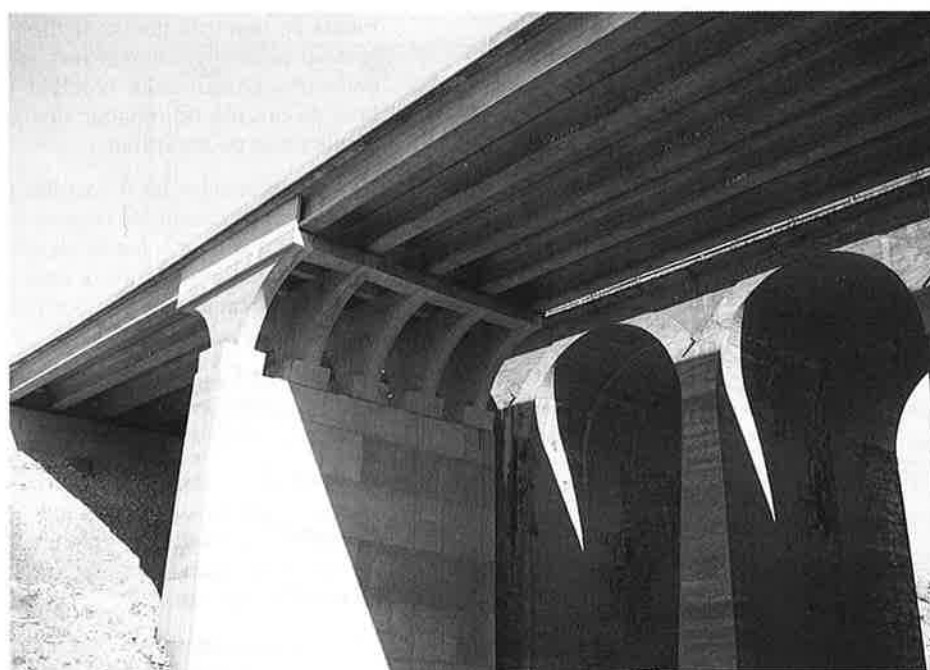


Fig. 12

forma que cada pieza, de 55 toneladas de peso, podía ser levantada en una sola maniobra mediante una grúa, volteada mediante pivoteo sobre el terreno (Fig. 8) y colocada directamente en su posición definitiva (Figs. 9 y 10).

Una vez situadas las piezas sobre las pilas, se realizó el anclaje mediante el tesado de las barras verticales. Las características de dicho pretensado eran tales, que fué posible la construcción de cada uno de los tableros sin problemas debidos al desequilibrio de la carga de peso propio producida en la zona de apoyos (Fig. 11).

El aspecto final de la obra terminada resultó sugestivo, debido a la ligereza y transparencia de la zona de coronación de pilas y al conjunto de la estructura nervada, formada por las vigas del tablero apoyadas sobre los diafragmas verticales (Fig. 12).

La obra fue llevada a cabo por FCC (Fomento de Construcciones y Contratas).

3. Puente sobre el Río Arratia, de la vía Lemoa-Amorebieta

3.1. Antecedentes

La obra del puente sobre el río Arratia se enmarca en el proyecto de desdoblamiento de la vía Lemoa-Amorebieta del ferrocarril de vía métrica del Gobierno Vasco. La vía existente cruza, a su paso por Lemoa, el río Arratia por medio de un puente arco, de unos 19,30 m de longitud, 4,10 m de ancho y un esviaje de 82° (Fig. 13).

Los condicionantes del proyecto eran, por parte de la Administración, el realizar un nuevo puente lo más parecido posible al antiguo, para salvaguardar la armonía del entorno; y por parte de la constructora, el evitar la colocación de una cimbra en el lecho del río, debido a su coste y al peligro que entrañan las brascas crecidas de un río no regulado.

3.2. Descripción

La solución adoptada ha consistido en materializar el arco mediante dos tímpanos de hormigón prefabricado, cuya forma exterior sigue fielmente el perfil del intradós del puente existente, y sobre los cuales se ha colocado una losa de hormigón colaborante. (Figs. 14 y 15).

Los tímpanos tienen un espesor de 40 cm y están separados 2,09 m entre sí. Cada tímpano se descompone en dos costillas idénticas, que han sido prefabricadas a pié de obra. En cada costilla se han dispuesto los respectivos elementos que facilitan el montaje de la pieza (Fig. 16). Es decir: orificios en la parte superior, para el izaje de la

pieza; estructura metálica con rótula esférica incorporada en la parte inferior, para colocación de la costilla en el estribo; y anclajes y barras en la parte superior, para asegurar la estabilidad de la pieza durante las fases del proceso constructivo.

El tablero se ha resuelto con prelosas de 1,95 m de largo y 4,20 m de ancho, para que, una vez colocadas directamente sobre las costillas, se pudiera hormigonar sobre ellas hasta obtener un espesor total de 30 cms y constituir así un conjunto monolítico, costillas más losa.

3.3. Proceso constructivo

- 1) Construcción de la infraestructura (Estribos, macizos de apoyo de piezas prefabricadas y losa sobre el terraplén contenido por los estribos).
- 2) Montaje de las costillas prefabricadas (Peso teórico de cada costilla: 31,1 toneladas). Cada costilla se transportó del parque mediante una grúa (Figs. 17 y 18); se apoyó sobre una rótula en su base, se colocó entre dos perfiles metálicos en cabeza de estribo (Figs. 19 y 20) y se aseguró su estabilidad mediante unos elementos de anclaje horizontal compuestos de 2 barras ϕ 25 de acero especial y sus correspondientes accesorios metálicos (Figs. 21 y 22). Posteriormente al montaje de cada costilla, se efectuó un arriostamiento lateral, desde el extremo frontal hasta la obra de fábrica existente. Esta etapa de montaje, se efectuó enteramente en una sola noche; tiempo durante el cual se pudo desconectar la corriente de la catenaria, permitiendo efectuar las maniobras de la grúa de montaje con las debidas condiciones de seguridad.
- 3) Una vez montadas las 4 costillas prefabricadas, se construyeron las riostras de unión de costillas en la base y las zonas a hormigonar (2ª fase), que completan la base y la clave, previa colocación de las correspondientes armaduras (Fig. 23).
- 4) Montaje de las prelosas sobre las costillas, colocación de armaduras y hormigonado de la losa superior (Figs. 24 y 25).
- 5) Desmontaje de los anclajes horizontales, eliminación de los elementos metálicos situados sobre las costillas prefabricadas y eliminación de las horquillas metálicas existentes en la parte superior de los estribos.
- 6) Montaje de prelosas en la zona que queda por cubrir. Hormigonado de la zona de losa superior contigua al estribo.

La construcción fue llevada a cabo por ENTRECANALES.



Fig. 13.

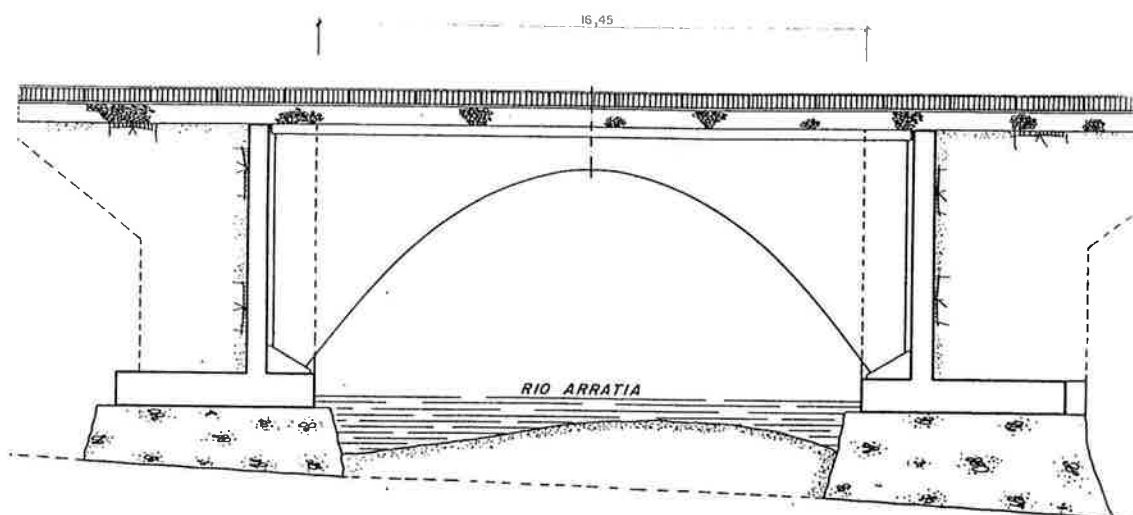


Fig. 14.

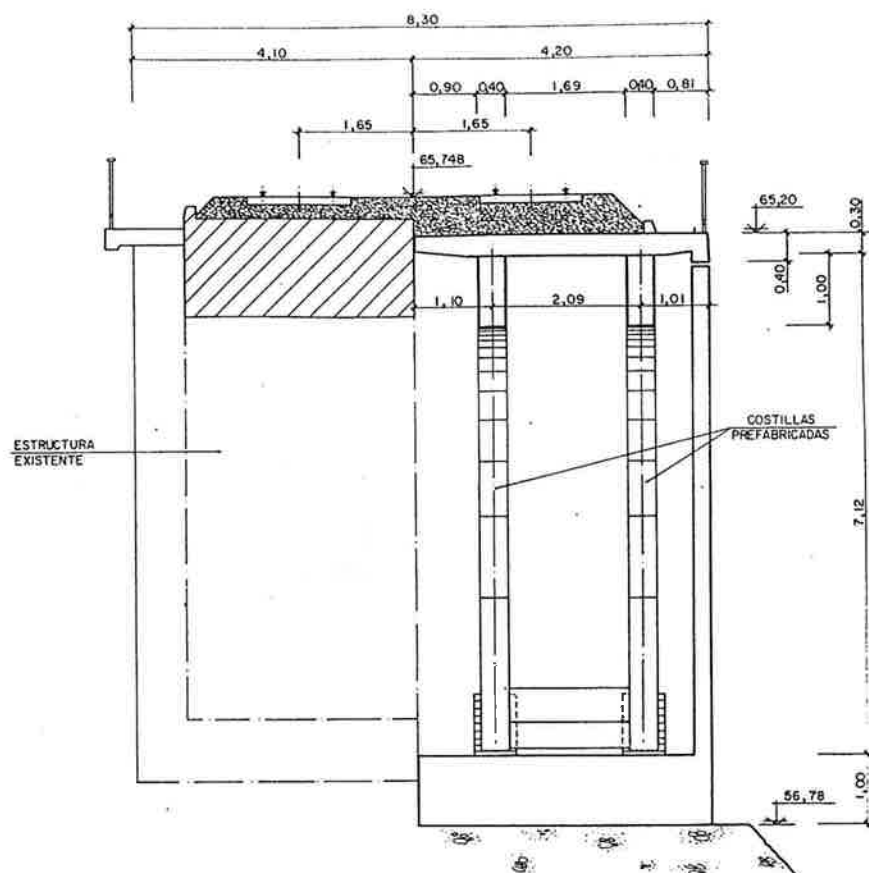


Fig. 15.

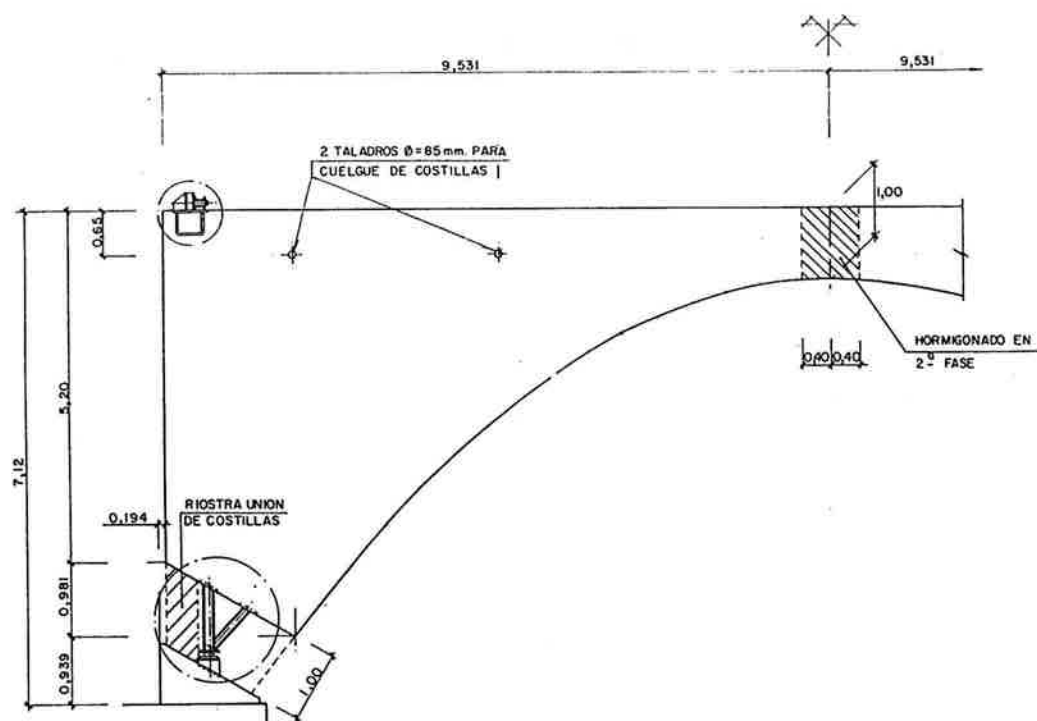


Fig. 16.

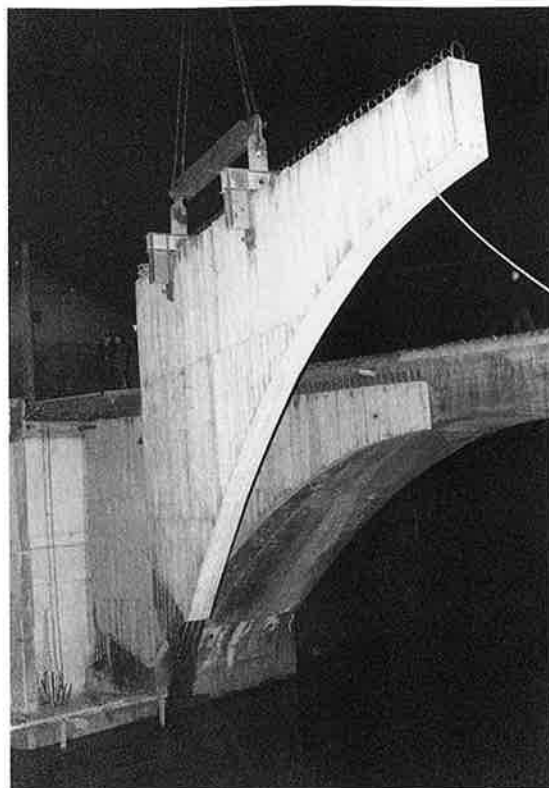


Fig. 17.

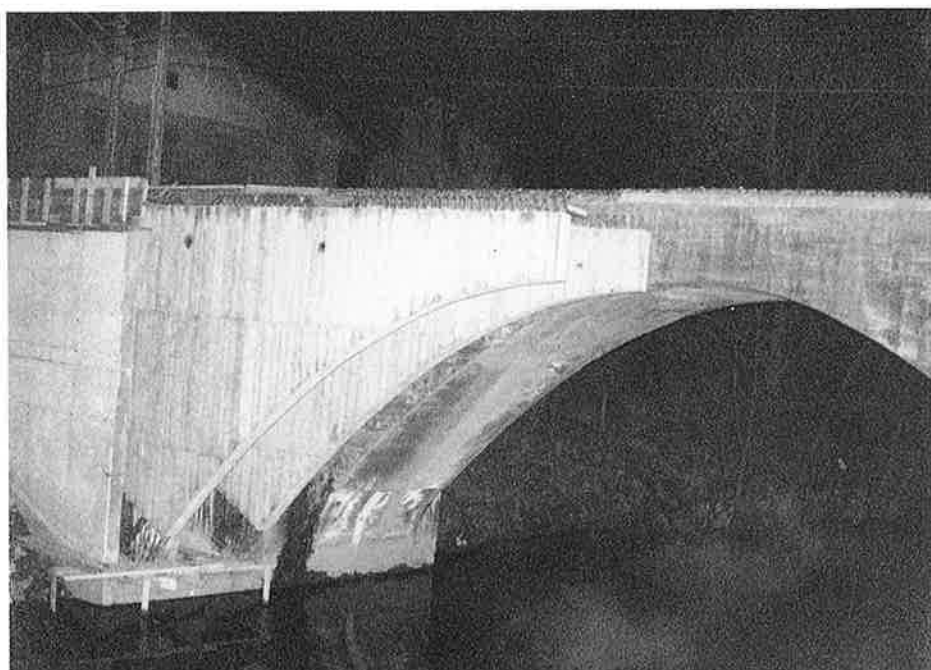


Fig. 18.

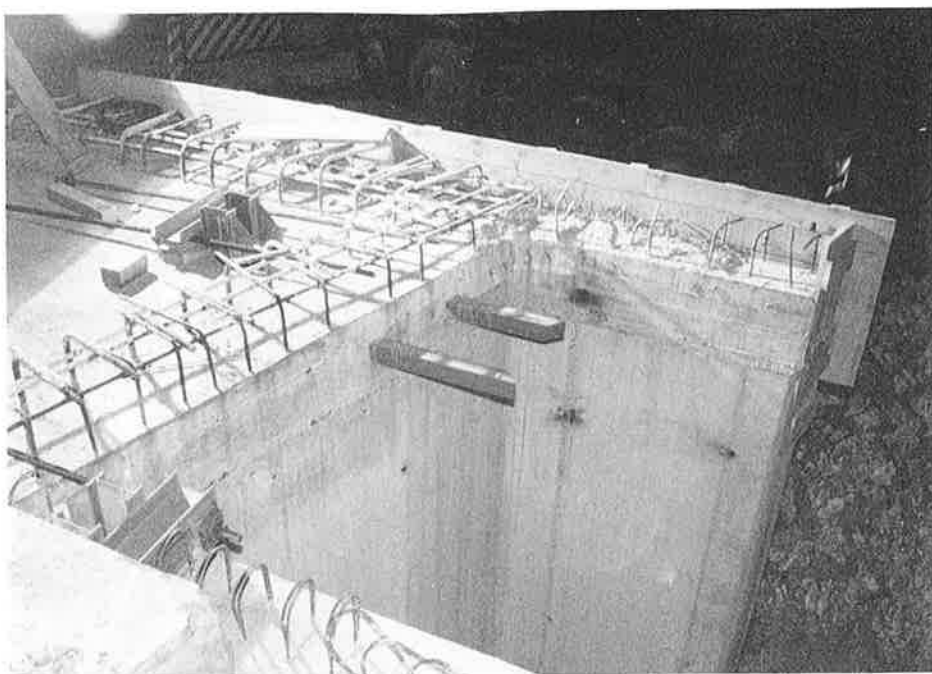


Fig. 19.

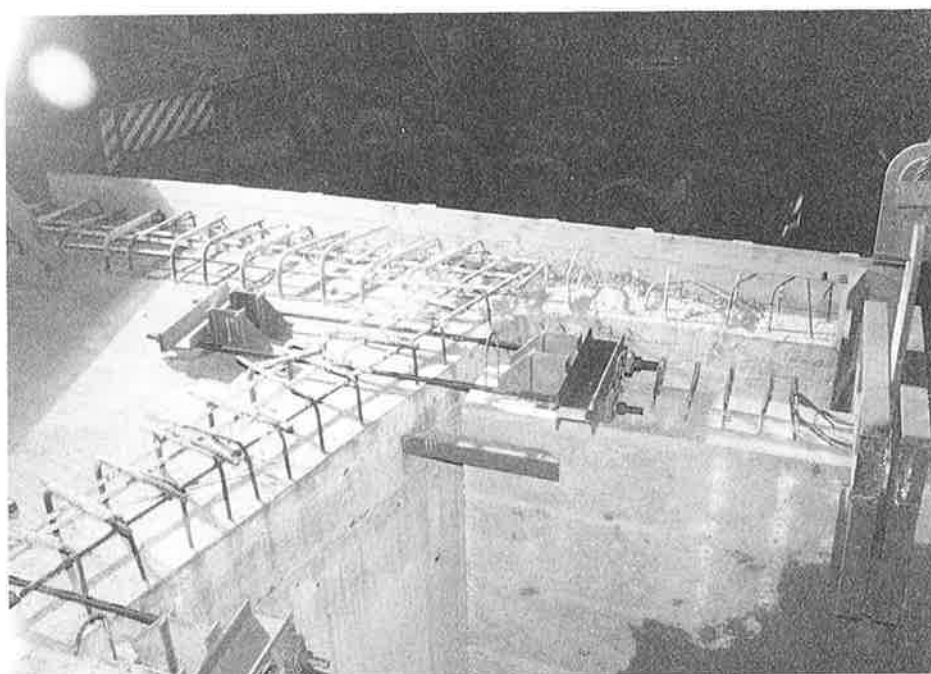


Fig. 20.

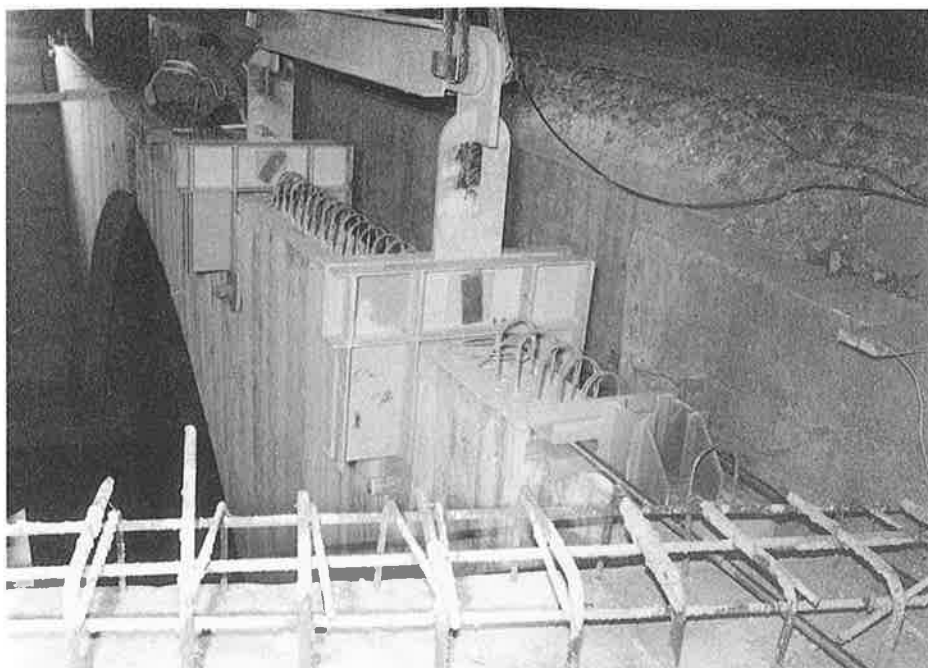


Fig. 21.

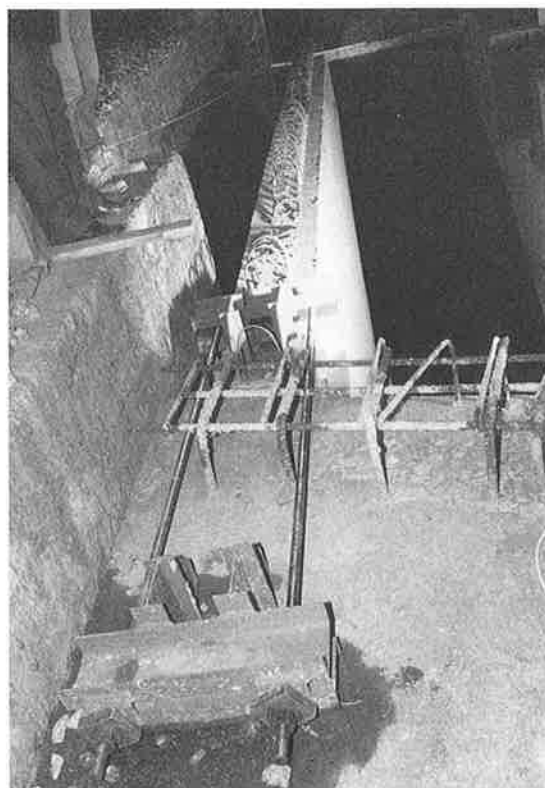


Fig. 22.

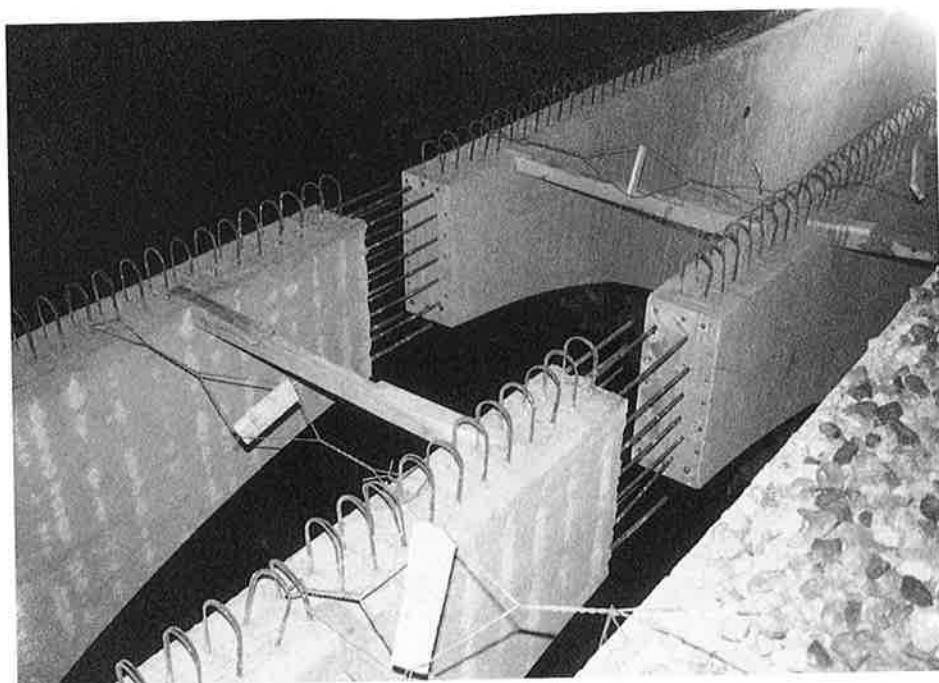


Fig. 23.

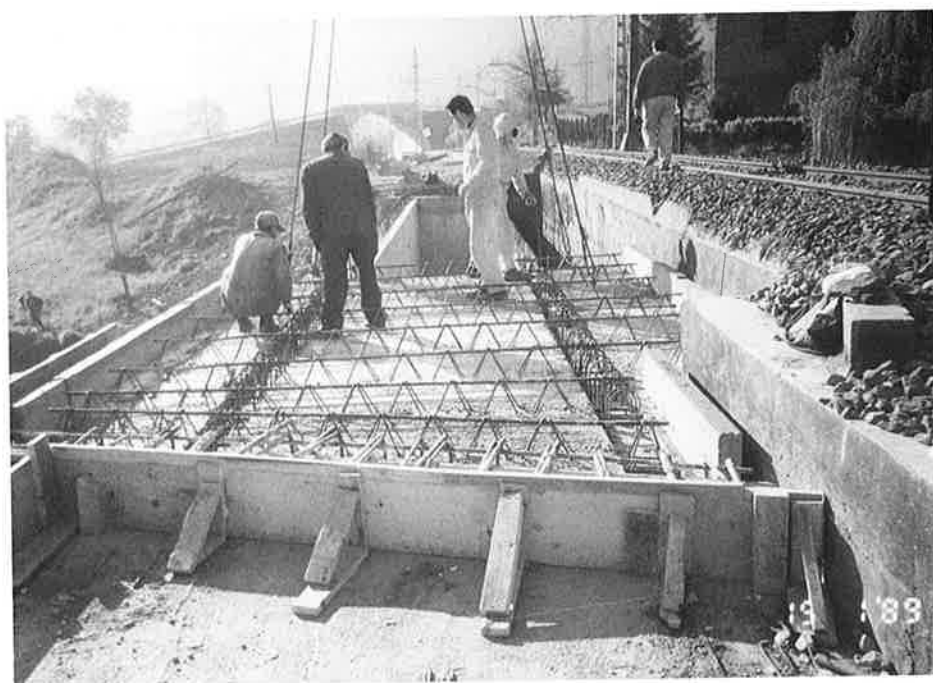


Fig. 24.



Fig. 25.

3.4. Cálculo

El puente se ha analizado estructuralmente mediante el método de los elementos finitos con el programa comercial ROBOT V6. La estructura se ha descompuesto en tres elementos principales de lámina, uno para cada costilla de las dos que componen los tímpanos del arco y uno para la losa superior.

Se ha introducido la geometría completa de la estructura, con los espesores reales de cada elemento (0,40 m para los arcos y 0,30 m para la losa); así como sus vinculaciones externas: empotramiento de las costillas con los estribos.

La discretización se ha hecho usando elementos isoparamétricos de seis nodos (triangulares), puesto que estos son los que geométricamente se adaptan mejor a la forma de los arcos (Figs. 26 y 27).

Del análisis se ha deducido que en el viaducto sólo se producen tensiones de tracción en las secciones de centro luz y para las hipótesis de tren de cargas concentradas. En los demás casos, las tensiones de compresión son muy moderadas y por lo tanto, exigen cuantías de armadura mínima para estas zonas.

Si bien la magnitud de la obra no requería medios de cálculo tan sofisticados, la potencia de los modernos preprocesos y postprocesos permitió analizar cómodamente una estructura que hubiese sido difícil simular mediante otros modelos de barras tradicionales.

4. Ampliación del puente de Bocairent (Alicante)

La ampliación de la calzada de la carretera existente entre Bocairent y Ontinyent (Alicante) ha precisado la remodelación de un puente en arco situado en las inmediaciones de Bocairent. (Fig. 28).

Previamente al inicio de la obra, el ancho total de la calzada era de seis metros y se requería una ampliación hasta 12 metros de anchura total.

La luz del puente existente es de 25 metros y la altura desde la línea de calzada hasta el fondo de la vaguada es de unos 40 metros.

En el proyecto de ampliación de la obra de fábrica existente, hubo que tener en cuenta el estado de conservación de la estructura actual, constituida por una asociación de elementos de piedra y ladrillo. El propio arco estaba formado por una fábrica de ladrillo, cuyos bordes estaban rematados por anillos de piedra, en los que algunas dovelas estaban ligeramente desplazadas. (Fig. 29).

La necesidad de ampliar la calzada hasta un ancho igual al doble del existente, con el consiguiente incremento de cargas, obligaba a cuestionar la capacidad resistente de la estructura actual y a prever una importante remodelación para su adecuación a la nueva situación, con las debidas condiciones de seguridad.

Por otra parte, una ampliación de la obra, creando una estructura gemela, implicaba un ele-

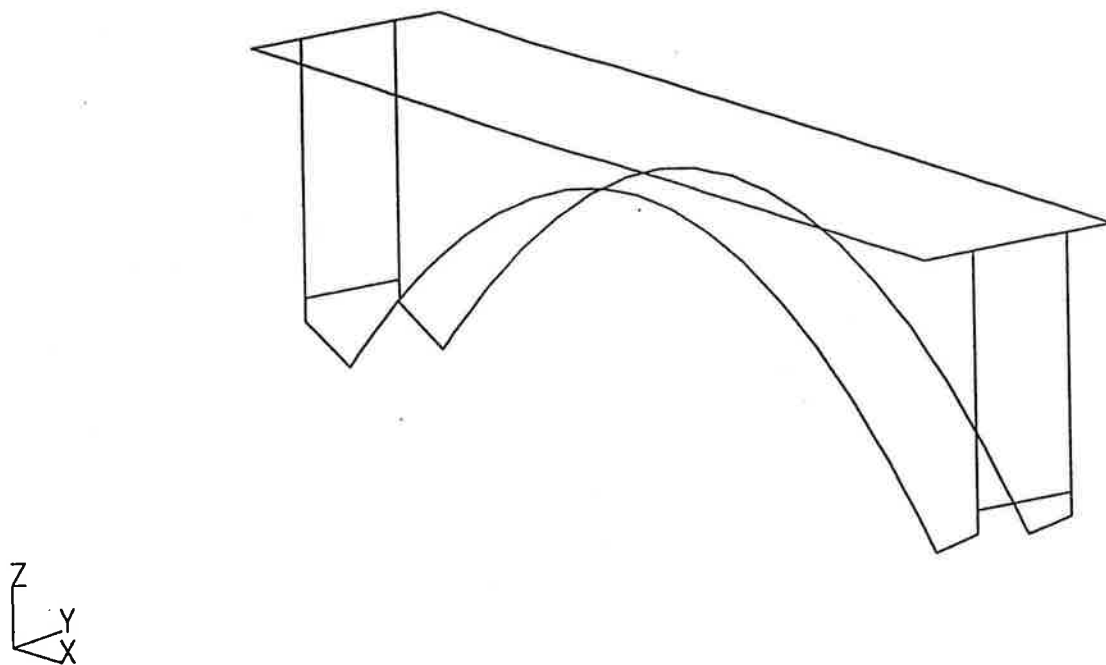


Fig. 26.

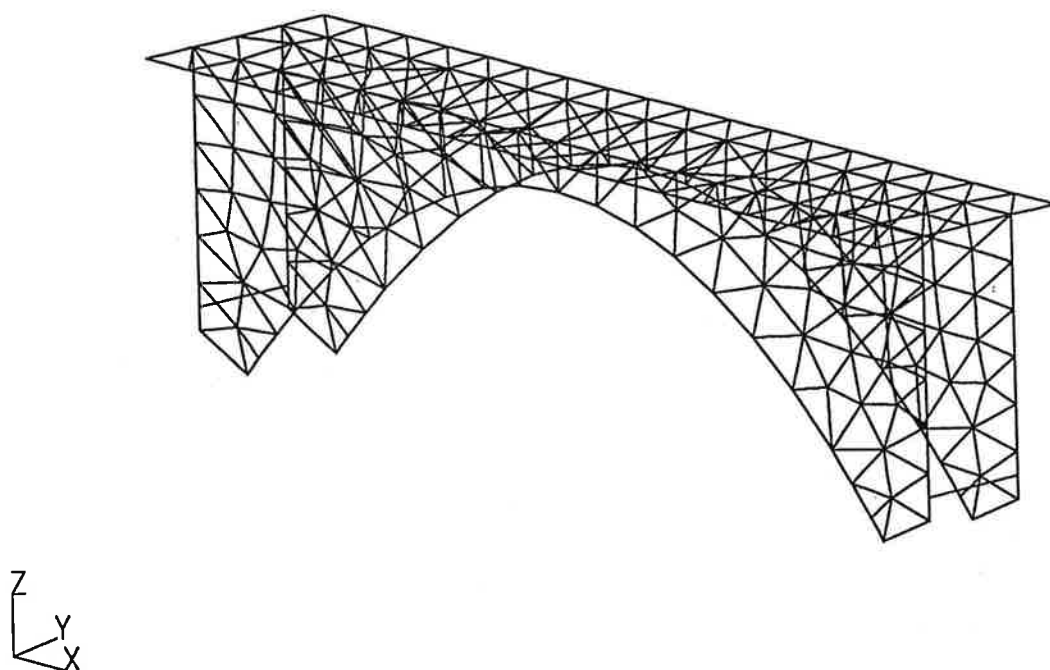


Fig. 27.

vado costo debido a la altura de la cimbra que habría que disponer y a la realización de una cimentación con las dificultades propias de la proximidad a una obra de fábrica antigua.

Finalmente, se optó por una solución consistente en crear una estructura resistente, compuesta por un tablero totalmente exento de la estructura actual y apoyado en unos macizos, situados en los terraplenes de acceso contenidos por muros de sillería y cimentados mediante micropilotes que alcanzaban el terreno firme del fondo del valle. (Fig. 30).

El tablero estaba compuesto por nueve vigas prefabricadas, de sección rectangular, de 26 metros de luz, postesadas en la propia obra, unidas por un conjunto de losas prefabricadas que proporcionaban una superficie con un ancho total de 12 metros, colocadas de forma que no se precisara disponer cimbra alguna (Fig. 31). El intradós de las vigas quedaba unos pocos centímetros por encima de la coronación de la estructura existente, una vez desmontado el firme.

Las distintas fases de la obra se aprecian en las fotografías que se incluyen.

Figura 32: Construcción de micropilotes.

Figura 33: Construcción de los macizos de apoyo de vigas.

Figuras 34 y 35: Colocación de vigas. Puede apreciarse, en esta última, la separación existente

entre el fondo de la viga ya colocada y el relleno sobre la estructura actual.

Figura 36: Colocación de losas prefabricadas sobre vigas.

Figura 37: Aspecto del tablero una vez colocadas las losas. Se aprecia el contraste producido por la anchura total del nuevo tablero (12 m) en comparación con la plataforma existente, de 6 metros de anchura.

Figura 38: Losas prefabricadas, para el acceso al tramo principal. Se trata de piezas apoyadas en la coronación de los muros existentes y provistas de unos grandes voladizos, para alcanzar la anchura total de calzada prevista para la ampliación de la carretera.

Figura 39: Aspecto de la obra terminada. Se creado una plataforma, con una anchura igual al doble de la inicial, habiéndose mantenido íntegramente la infraestructura existente, de la que se ha aprovechado, a efectos resistentes, el conjunto de muros para los tramos de acceso al puente propiamente dicho. Si bien la apariencia es la propia de un arco que soporta un tablero superior, este último está realmente exento y queda apoyado, en ambos extremos, a través de una cimentación profunda, desvinculada de la estructura en su estado primitivo, antes del comienzo de la obra.

La obra ha sido realizada por FCC (Fomento de Construcciones y Contratas).



Fig. 28.



Fig. 29.

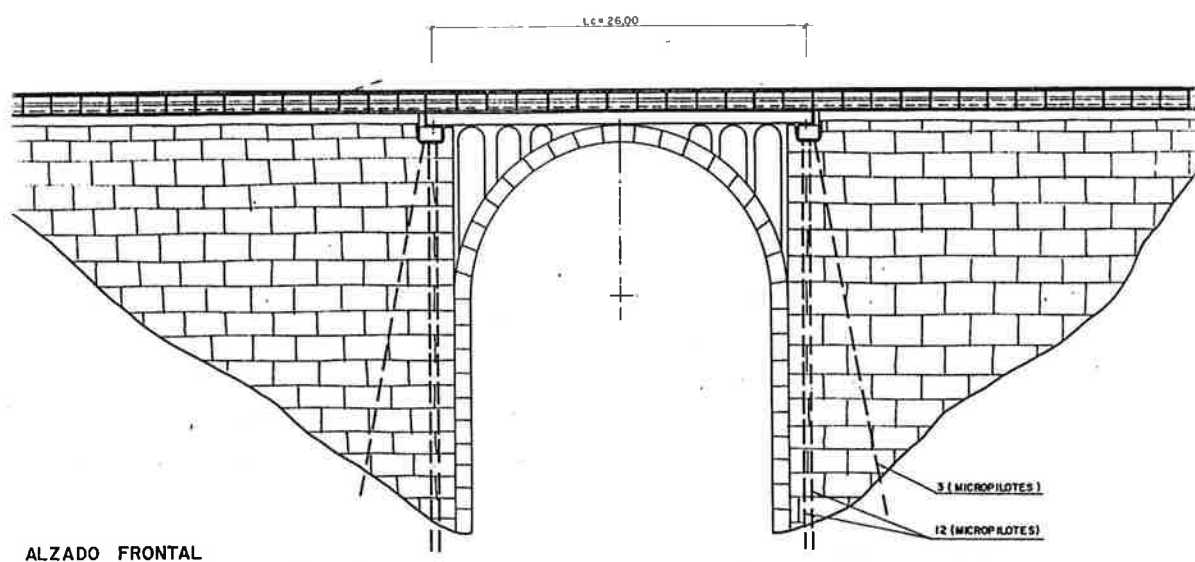
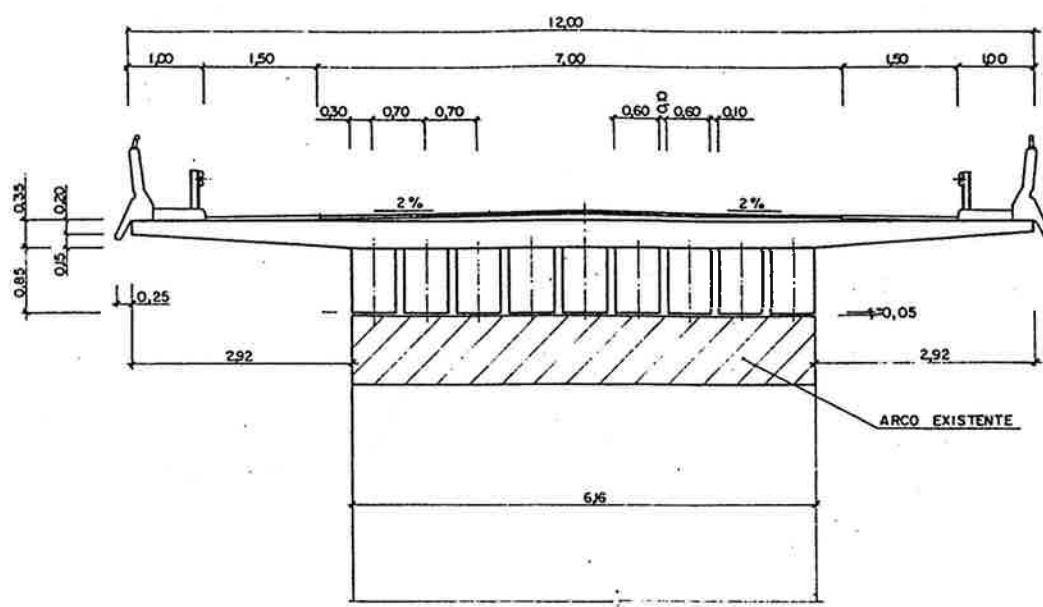


Fig. 30.



TABLERO. SECCION TRANSVERSAL

Fig. 31.



Fig. 32.

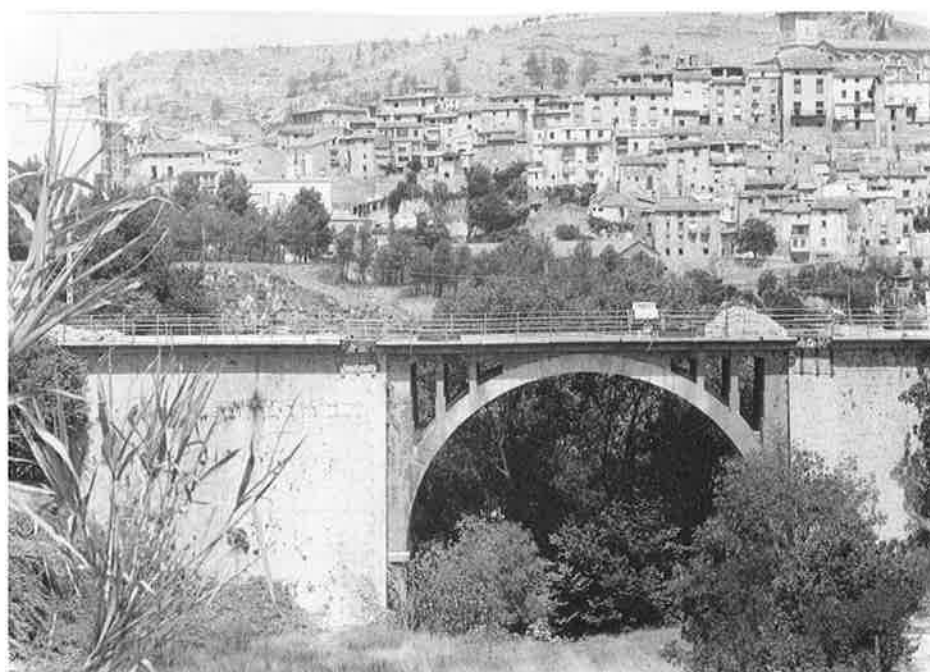


Fig. 33.



Fig. 34.

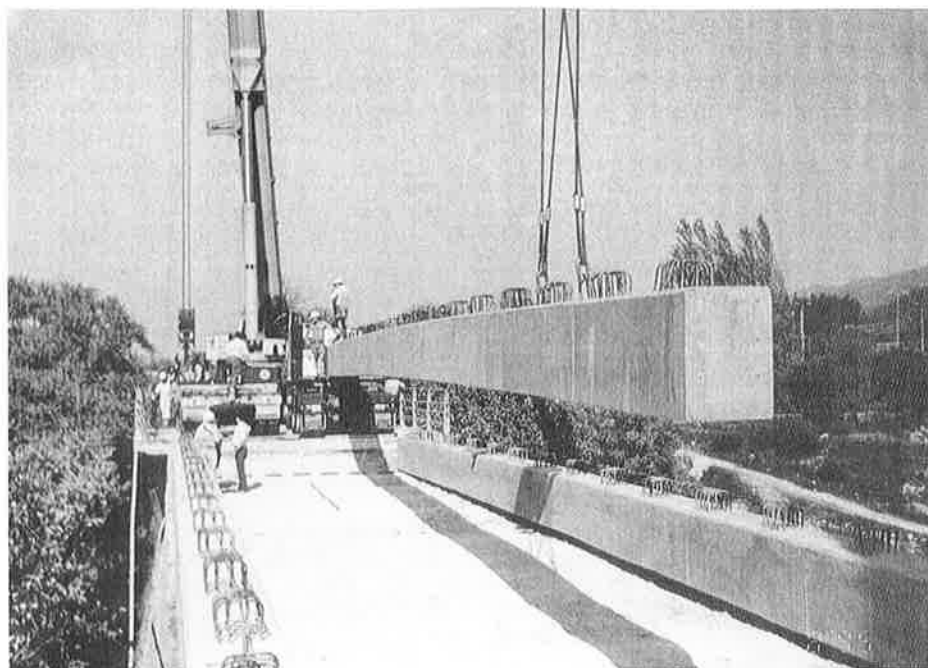


Fig. 35.

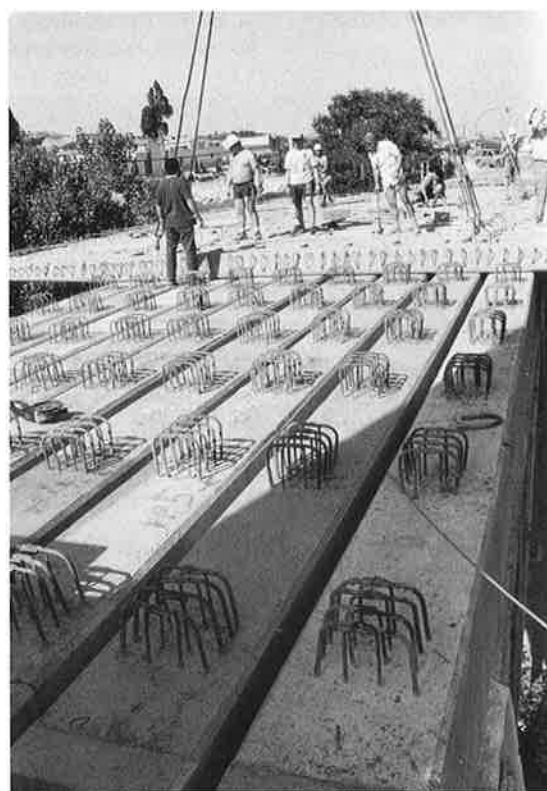


Fig. 36.



Fig. 37.

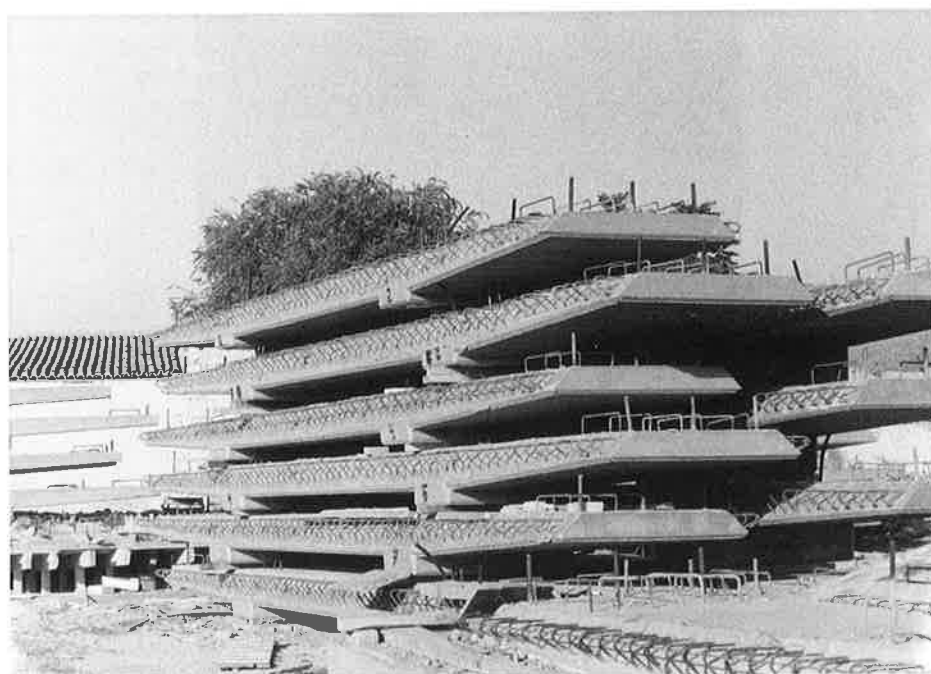


Fig. 38.

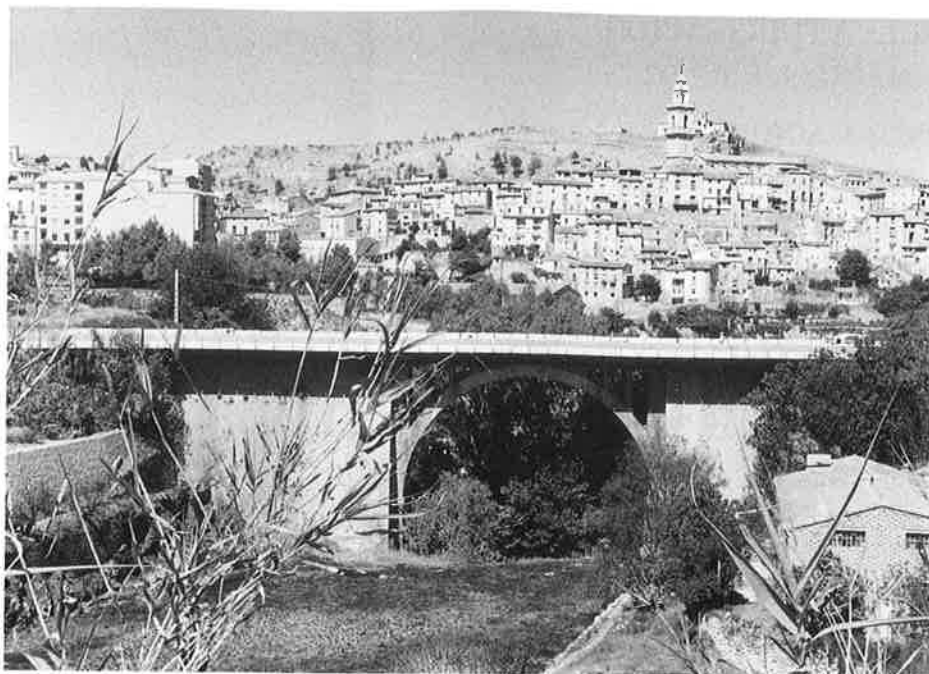


Fig. 39.

Resumen

El artículo presenta tres distintas ampliaciones de puentes arco con pequeñas luces. En los tres puentes, la prefabricación de los elementos estructurales del tablero, ya sean industriales o a pie de obra, y los medios actuales de elevación, han permitido una rápida y económica ejecución de la obra, al poder prescindir, en todos los casos, de un elemento costoso como es la cimbra.

Además, desde el punto de vista estético, se ha compatibilizado la prefabricación de elementos con la tipología del tablero existente, para mantener la apariencia antigua del lugar.

Summary

The article describes three different enlargements of short span arch bridges. In the three bridges, the prefabrication of the elements of the deck has permitted a quick and economical construction; avoiding in any case, the use of arch falsework which are always expensive.

Moreover, under aesthetical point of view, the use of prefabricated elements has been made compatible with the shape of the existent deck in order to maintain the external appearance.

* * *