

PUENTE ARCO SOBRE LA RAMBLA DEL CAÑUELO EN ROQUETAS DE MAR.

José ROMO MARTÍN

Ingeniero de Caminos.

FHECOR Ingenieros Consultores.
Vicepresidente.

jrm@fhecor.es

Juan José JORQUERA LUCERGA

Dr. Ingeniero de Caminos.

FHECOR Ingenieros Consultores.
Jefe de Equipo.

jjjl@fhecor.es

Resumen:

Se presenta la descripción de los condicionantes previos, la solución proyectada y la ejecución de un puente arco sobre la Rambla del Cañuelo en Roquetas de Mar (Almería). El tablero, de 25 m de ancho, consta de tres vanos: dos laterales de acceso en losa de hormigón armado de 11.15 m de luz, y uno central mixto de 60.35 m de luz, suspendido de dos arcos metálicos exentos, verticales y paralelos tipo bowstring con 11 péndolas en cada arco. La sección de los arcos es variable, de ancho creciente y canto decreciente de arranques a clave. El tablero está formado por dos vigas cajón, una bajo cada arco, unidas entre sí por vigas transversales y con costillas triangulares exteriores que soportan las aceras de ambos lados.

Palabras Clave: arco metálico, bowstring, arco superior, sección variable, péndolas, tablero mixto.

1. Introducción.

Roquetas de Mar es una de las poblaciones más importantes de la provincia de Almería, ocupando una posición predominante en el desarrollo económico, social y cultural de la región. Esta localidad se extiende en una amplia zona costera, en el Poniente Almeriense. Su reciente crecimiento requería de la mejora de las vías de comunicación urbanas existentes. En concreto, en la rambla del Cañuelo el cruce de la misma se resolvía con un paso provisional a través del propio cauce.

A la mala accesibilidad se sumaba el problema del corte de la rambla cuando se producían lluvias que, además de cortar la comunicación, incluso obligaban a reconstruir periódicamente la calzada. La construcción del nuevo puente pretende acabar con esta provisionalidad y precariedad de paso.

En septiembre de 2004, FHECOR Ingenieros Consultores resulta adjudicataria del concurso de redacción del Proyecto de Construcción [1] convocado por la Corporación Municipal.

2. Condicionantes previos de la solución.

2.1 Condicionantes hidráulicos.

Uno de los condicionantes más restrictivos de la solución ha sido minimizar la afección al régimen hidráulico. El criterio general ha sido el de reducir en la medida de lo posible la intrusión en el cauce. Para ello se han planteado las siguientes premisas:

Reducir al mínimo el número de apoyos dentro del cauce. Así, en el cauce de unos 80 m de ancho sólo se sitúan dos apoyos, lo que supone un compromiso con la limitación de mantener la luz principal del puente (alrededor de 60 m) dentro de valores razonables en la escala de la trama urbana circundante. Además, se consigue que quede el máximo tramo central de cauce despejado, de forma que, para las situaciones más probables de avenida, no existan elementos que interrumpan o interfieran en el régimen del cauce.

Plantear una solución estructural con el menor canto posible o con canto "hacia arriba" respecto a la rasante. Se plantea un arco de tablero inferior en el vano central y sendas losas de hormigón armado de canto variable en los vanos laterales. El canto de estas losas está muy ajustado, alrededor de 0.50 m para sus 11 m aproximadamente de luz. La

estructura de arco con tablero inferior minimiza el canto de la estructura bajo rasante, que resulta de 0.70 m totales y que viene determinado por la luz de 17 m de las vigas transversales entre apoyos en las vigas longitudinales.

Respetar la sección existente de la rambla y mantener, o incluso aumentar, el resguardo sobre el nivel de máxima avenida. Así, los estribos, que resultan ser cargaderos pilotados, quedan perfectamente integrados en la sección del cauce, al situarse en la coronación de los muros de escollera del encauzamiento. Por otra parte, el trazado en alzado, con acuerdo vertical centrado en la estructura, eleva la rasante respecto del encauzamiento.

2.2 Condicionantes estéticos y funcionales.

Además, el entorno en el que se sitúa el futuro puente es claramente urbano, y es actualmente una de las zonas de mayor proyección de la ciudad. En este sentido, el puente se plantea para resolver no sólo para resolver un problema de tráfico de vehículos, sino de paso de peatones. Por tanto, el nuevo puente debe tener en cuenta ambos flujos, separándolos y enlazándolos con los ya existentes en las inmediaciones.

De hecho, el Pliego del Concurso establece, como luego se realiza, que la sección transversal permita la disposición de dos carriles de 3.50 m de ancho por sentido de circulación, y dos aceras de 3.00 m de ancho destinadas al tráfico peatonal.

3. Descripción de la solución.

A la luz de los condicionantes anteriores, la solución finalmente proyectada (Fig. 1) y construida consta de un vano central en arco superior y dos vanos laterales de acceso. El vano central es un arco isostático de tablero inferior de 60.35 m de luz y una flecha máxima de 8.60 m, que proporciona una relación flecha/luz de, aproximadamente, 1/7. Esta solución estructural minimiza el canto de la estructura bajo rasante que quedaba, como decíamos anteriormente, muy limitado por condicionantes hidráulicos.

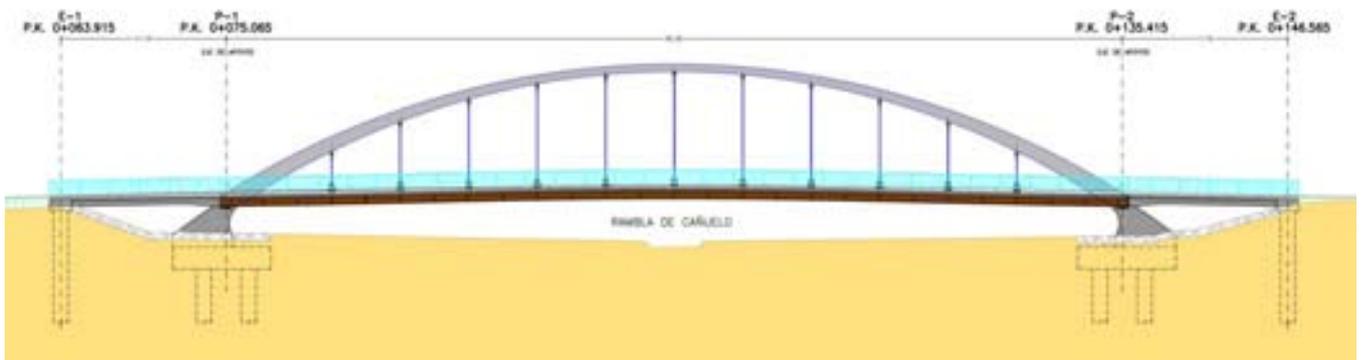


Fig. 1. Alzado del puente.

El tablero es mixto, de 25.00 m de ancho total (Fig.2). En él se sitúan dos carriles de 3.50 m de ancho por sentido de circulación y dos aceras laterales de 3.00 m de ancho. Está formado por dos vigas cajón longitudinales de sección trapecial separadas 17 m a ejes unidas por vigas transversales cada 2.30 m, sobre las que apoya la calzada. Estas vigas se prolongan con costillas de sección en T para formar los voladizos de 4.00 m de longitud sobre los que se disponen las aceras. El canto máximo es de 0.70 m, de los que 0.52 corresponden a las vigas metálicas y 0.18 a la losa de hormigón, ejecutada sobre chapa grecada dispuesta como encofrado perdido (Fig.4).

El puente consta de dos arcos metálicos, verticales y exentos. Cada arco está situado en el plano vertical de cada una de las vigas longitudinales. La sección de los arcos es trapecial con variación lineal del ancho y del canto, y cambia desde un canto de 1.00 m y un ancho de 0.56 m en arranques a una sección de 1.25 x 0.50 m en clave, lo que ofrece una sección de área prácticamente constante según la directriz.

Esta geometría, que ya ha sido empleada previamente por FHECOR en otros puentes [2], además de su interés formal, responde a las necesidades resistentes y funcionales: en la zona de clave aumenta la inercia de eje vertical para hacer frente a los fenómenos de inestabilidad de pandeo del arco fuera del plano, lo que permite construir los arcos exentos. En la zona de arranques la sección está orientada verticalmente para hacer frente a la flexión longitudinal, además de reducir el sobreancho necesario de tablero para acomodar la sección del arco.

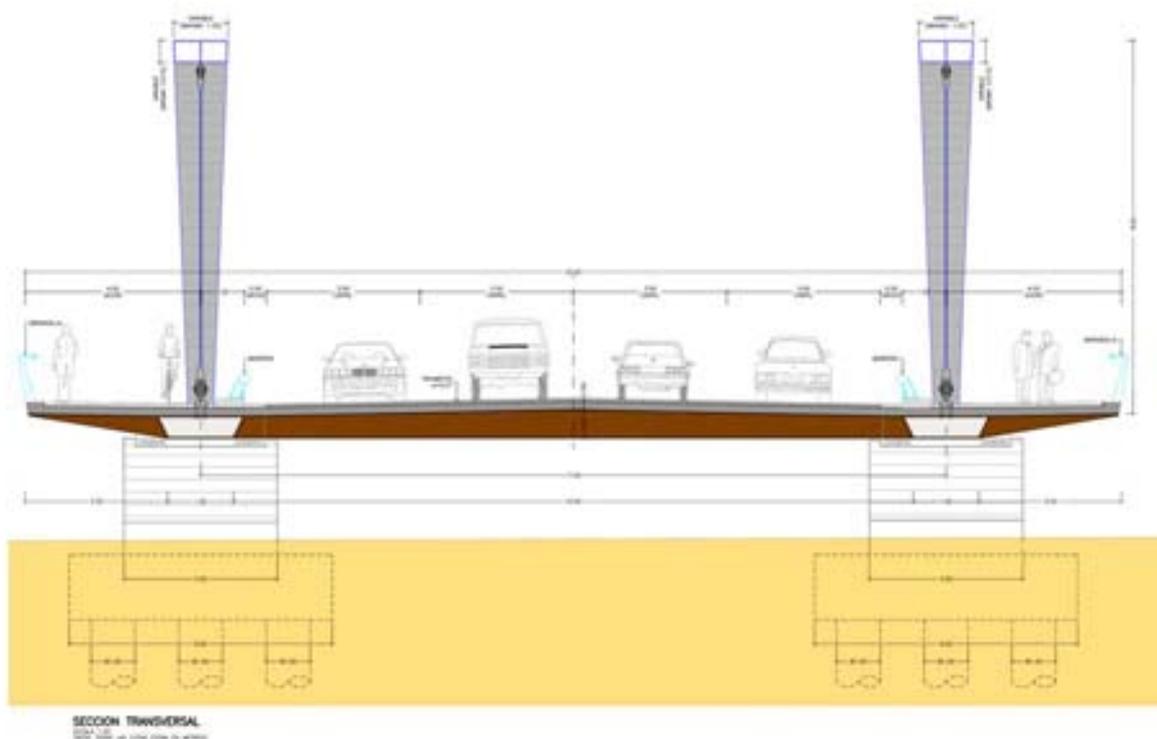


Fig. 2. Sección transversal del puente.

Las vigas longitudinales se suspenden de los arcos mediante 11 péndolas verticales (Fig.5), distanciadas 4.60 m entre sí. Todas las péndolas tienen la misma sección, formadas por cables cerrados triple Z de 50 mm de diámetro.

Los dos vanos laterales de acceso al vano principal se resuelven mediante losa de hormigón armado, dada su pequeña luz (11.15 m) y apoyada en los estribos y en las pilas. El canto mínimo de esta losa es de 0.50 m y es variable hacia la pila para dar continuidad formal con el canto del tablero del vano central.

Finalmente, las pilas se han previsto con caras inclinadas como prolongación de la forma del arco (Fig.7), y sobre ellas apoyan, por un lado, las vigas principales del arco y por el otro, la losa de hormigón del vano lateral de acceso. Cada viga longitudinal apoya con dos neoprenos en cada extremo, lo que evita su apeo durante la ejecución.



Fig. 3. El puente recién abierto al tráfico.

La cimentación, tanto de las pilas como de los estribos es profunda mediante pilotes de 1.00 m de diámetro. En el caso de las pilas se ha dispuesto el encepado lo más alto posible para facilitar su ejecución debido a la presencia del nivel freático a poca profundidad. Los estribos que permiten cimentar las losas laterales de acceso están formadas por un cargadero de 0.80 m de canto mínimo que apoya en 4 pilotes de 1.00 m de diámetro.



Fig. 4. Vista inferior de vigas longitudinales, costillas y encofrado perdido de chapa grecada.



Fig. 5. Conexión de las péndolas al tablero. Durante la construcción (izquierda) y terminado (derecha).

4. Proceso constructivo.

Las fases del proceso constructivo seguido han sido las siguientes:

1. Excavación y ejecución de la cimentación pilotada. Ejecución de pilas y estribos.
2. Ejecución de vanos laterales.
3. Montaje de las vigas longitudinales en dos partes sobre castilletes y apeos provisionales.
4. Montaje de las vigas transversales entre vigas longitudinales y costillas exteriores.
5. Ejecución de uniones arco-tablero. Colocación de semiarcos apoyados en los castilletes empleados en la fase 3 recrecidos (Fig.8). Cierre de arcos.
6. Ferrallado de tablero. Colocación y tesado de péndolas.
7. Desapeado del tablero.

8. Hormigonado de tablero.
9. Urbanización de accesos, ejecución de firme y acerado. Colocación de barreras e iluminación (Fig.6).



Fig. 6. Vista del puente terminado.

En general, la ejecución transcurrió sin incidentes, pero merece la pena llamar la atención sobre algunas dificultades que surgieron durante la ejecución:

En primer lugar están las dificultades de alineación de las vigas longitudinales para conseguir la continuidad final en la sección de cierre. En el proceso constructivo finalmente desarrollado por la constructora, cada una de las vigas cajón se construyó en dos partes en taller, donde cada una de dichas partes se apoyaba en dos puntos (un estribo y un castillete provisional intermedio), con un tramo final en voladizo.

Es posible (al menos teóricamente) obtener las posiciones y las cotas de los castilletes para que los extremos de ambos voladizos queden perfectamente alineados y tangentes en la sección de cierre, por lo que sólo sería necesario soldar dicha sección para cerrar la viga completa.

Sin embargo, los cálculos teóricos de posición y cota de castilletes quedaban invalidados cuando ambas semivigas, sometidas al soleamiento del verano de Almería, oscilaban alrededor de 60 mm en el extremo del voladizo en pocas horas. El problema se solucionó por el sencillo y práctico método de soldar elementos metálicos que vinculasen ambos lados de la sección de cierre para forzar la continuidad.

Es interesante también señalar que, durante la ejecución de la fase 4 se produjeron giros de torsión en las vigas cajón longitudinales. Cada una de estas vigas tiene dos apoyos en cada extremo y el giro era tal que resultaba perceptible el despegue de los neoprenos exteriores.

La causa está en la secuencia de ejecución del tablero: las vigas longitudinales se colocan primero (fase 3) y las transversales después, entre ellas. Como las vigas longitudinales son de sección cajón trapecial cerrada (fig.4), las

vigas transversales apoyan en el alma interior de la longitudinales y no en su eje, provocando un esfuerzo torsor localizado en cada viga transversal que, acumulado, hace girar el extremo de las vigas cajón. Dicho giro se compensa parcialmente con la colocación de las costillas exteriores (que cargan hacia el otro lado) y se corrige con la ejecución del arco, ya que la carga del tablero se refiere a las péndolas y entra centrada entre los apoyos de los estribos. Una forma de haber paliado este problema habría sido comenzar por colocar antes las vigas transversales de las riostras de apoyos, para continuar hacia el centro, al contrario de como se ejecutó.



Fig. 7. Montaje de vigas longitudinales. En primer término, una pila terminada.



Fig. 8. Montaje de semiarcos sobre castilletes.



Fig. 9. Hormigonado del tablero.



Fig. 10. Prueba de carga.

El puente fue inaugurado y abierto al tráfico en noviembre de 2007



Fig. 11. El puente en servicio.

5. Notas.

- [1] Dicho Proyecto de Construcción fue redactado por el primer autor y por el Ing. de Caminos D. Jorge Calvo Benítez
- [2] Otros puentes proyectados por FHECOR con arco de ancho creciente y canto decreciente de arranques a clave son, por ejemplo, el puente sobre el río Najerilla en Nájera, sobre el río Júcar en Alcira y sobre el río Dambovita en Bucarest.