

# III CONGRESO DE ACHE DE PUENTES Y ESTRUCTURAS

LAS ESTRUCTURAS DEL SIGLO XXI  
Sostenibilidad, innovación y retos del futuro



## Realizaciones



## PUENTE ARCO SOBRE EL RÍO NAJERILLA EN NÁJERA (LA RIOJA)

José **ROMO MARTÍN**<sup>1</sup>, Ramón **LÓPEZ MENDIZABAL**<sup>1</sup>, Daniel **JIMÉNEZ NUERO**<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. FHECOR INGENIEROS CONSULTORES

<sup>2</sup>Arquitecto Técnico. FHECOR INGENIEROS CONSULTORES

## RESUMEN

El nuevo puente de Nájera resuelve los problemas de acceso al casco histórico de esta localidad.

Se trata de un puente en el que tanto la selección de la tipología como los detalles constructivos se han realizado teniendo en cuenta la escala del peatón, como corresponde a una actuación en un puente urbano.

## PALABRAS CLAVE

Puente arco mixto, proceso constructivo, montaje estructura metálica, péndolas, detalles constructivos.

## 1. PROBLEMÁTICA EXISTENTE PREVIA A LA ACTUACIÓN

La construcción del tercer puente sobre el río Najerilla trata de solucionar las deficiencias que existían en el sistema de comunicación de la localidad, ya que éste constaba únicamente con un puente (San Juan de Ortega) y una pasarela peatonal.



**Figura 1. Alzado frontal de la obra terminada.**

El centro e hilo conductor de la intervención ha sido la construcción de un puente que salve el río Najerilla en el extremo sur de la población, permitiendo

de esta manera la conexión entre ambas márgenes del río, descongestionando el tráfico de la población y dotando de accesibilidad a los centros deportivos y culturales que se encontraban más o menos aislados.

## 2. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

La estructura cuenta con un único vano de 45.00 m de luz entre apoyos, y está compuesta por un tablero mixto, un arco metálico, 5 cables cerrados de acero galvanizado y unos estribos de hormigón armado. La anchura total de la estructura se estableció en 14.00 m, de los cuales los 9.00 m centrales se destinan al tráfico rodado, quedando 2.50 m en cada uno de los laterales para el discurrir del tráfico peatonal.

El mecanismo longitudinal resistente del tablero consta de un núcleo central metálico de 9.00 m de anchura, resultante de la unión de dos trapecios, y 0.82 m de canto máximo. Los espesores de las chapas metálicas oscilan entre 10 y 20 mm, con la excepción de las chapas que se ubican en la zona de conexión entre tablero y arco, que han sido proyectadas con un espesor de 40 mm. La losa superior de hormigón que corona este cajón se ha proyectado con un espesor de 0.18 m, totalizando de esta manera un canto total máximo en el eje de la estructura de 1.00 m. Complementando a este mecanismo longitudinal, que recoge directamente las cargas provenientes del tráfico rodado (la anchura de 9.00 m coincide con la destinada a la calzada), se han proyectado, con un separación de 3.20 m, unas costillas de sección triangular que vuelan 2.50 m respecto a los límites exteriores del cajón. Este mecanismo transversal es el encargado de recoger la carga peatonal excéntrica y transmitirla al cajón central. La sección transversal resultante de las consideraciones anteriores (figura 2) resulta especialmente adecuada en cuanto que minimiza las cargas muertas del tablero, especialmente en las zonas alejadas del eje de la estructura (plano de péndolas), siendo especialmente eficiente para resistir los esfuerzos combinados de axil, cortante y torsión.

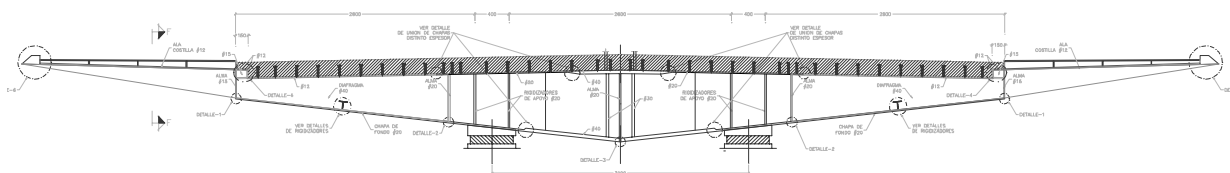
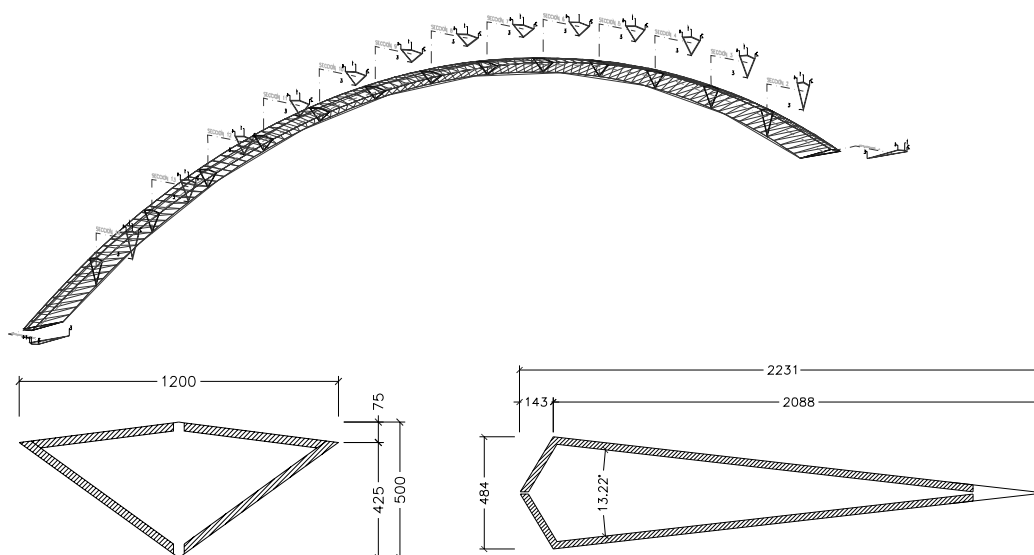


Figura 2. Sección transversal de la estructura.

Debido a la presencia de un cajón con una importante rigidez a torsión y un único elemento de superestructura situado sobre el tablero, las cargas excéntricas se transmiten por torsión a través del cajón mixto hasta los apoyos, que consisten en aparatos de neopreno zunchado de 500x500x69 (49), separados 3.00 , con el fin de absorber el par torsional existente.

El arco es metálico de sección variable. Su directriz es circular y su sección transversal es un cuadrilátero. El valor de la flecha, igual a 6.40 m, proporciona un rebajamiento de 1/7. En el arranque, zona donde el esfuerzo pésimo lo constituye el momento flector, las dimensiones de las diagonales son de 0.48 x 2.23 m, mientras que en clave, zona en la que el esfuerzo predominante es el axil, estas dimensiones son de 1.20 x 0.50 m. La transición entre ambas secciones se produce de manera prácticamente lineal, constituyendo el área total de la sección prácticamente un invariante. Los espesores proyectados para este elemento estructural han sido de 30 mm en los arranques y 25 mm en el tramo central. Esta combinación estructural, con mayor canto lateral del arco en la zona del centro de vano, tiene la ventaja estructural de mejorar la estabilidad frente al pandeo lateral que corresponde al primer modo de inestabilidad de la estructura. Esta idea, junto con la sección *pseudotriangular* de mayor rigidez frente a la distorsión, supone una evolución respecto al puente arco de Alzira [2]. Un alzado tridimensional del mismo, así como las secciones transversales en clave y arranques se pueden ver en la figura 3.



**Figura 3. Geometría del arco.**

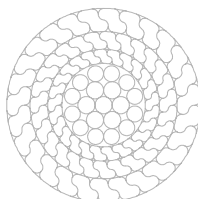
En la fase del proyecto [1] se llevó a cabo un completo tratamiento de los detalles, de tal forma que en la figura siguiente se pueden apreciar los siguientes aspectos:

- Pendienteado en las chapas superiores, evitando de esta manera la acumulación de agua y residuos.
- Vuelo de las chapas superiores sobre las laterales de 3 cm, para evitar el discurrir del agua sobre los paramentos laterales del arco.
- Diafragmas principales cada 6.40 m, coincidentes con las secciones de péndolas, pero también rigidizadores secundarios para facilitar el montaje y la adecuación de las chapas, en un principio planas, que conforman el arco, a la superficie definitiva.



**Figura 4. Detalle de la sección del arco en proceso de fabricación en taller.**

Se ha dispuesto un único plano central de 5 péndolas de diámetro nominal  $\varnothing 60$  mm. Estos elementos se han proyectado como cables cerrados triple Z con una separación entre ellas de valor 6.40 m. La sección transversal de los mismos, así como los detalles de su conexión al tablero y arco se pueden observar en las figuras 5 t 6 siguientes.

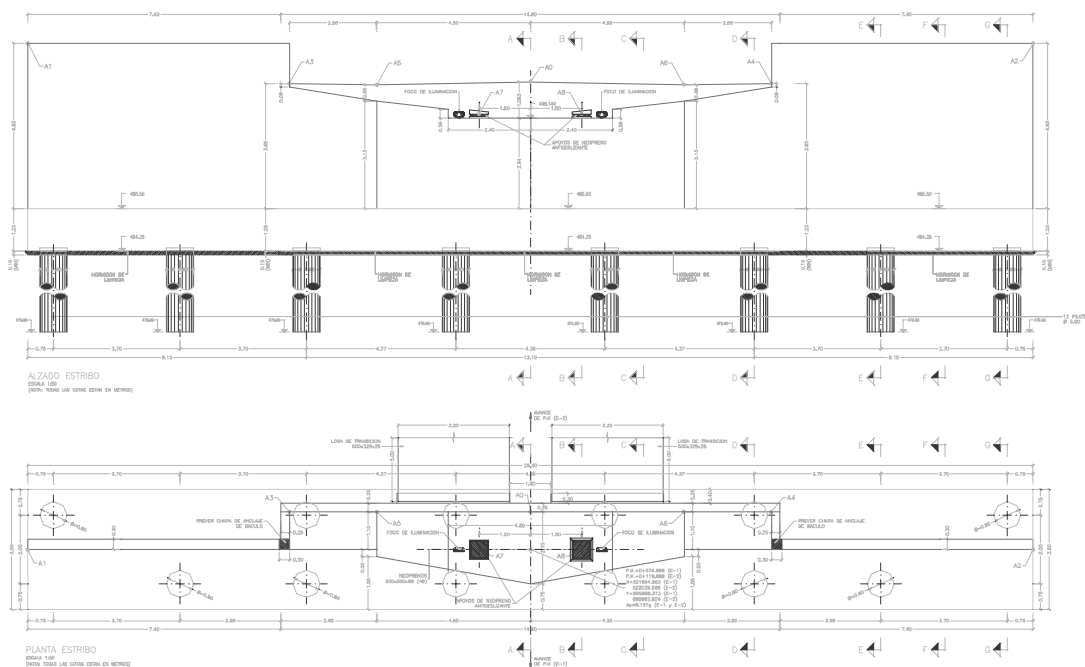


**Figura 5. Sección transversal de péndolas característica de la configuración triple Z.**



**Figura 6. Conexión de las péndolas al tablero y al arco.**

La planta de los estribos, cerrados y de hormigón armado, se ha diseñado con una forma apuntada, con unos muros laterales paralelos al cauce del río, permitiendo de esta manera una gran versatilidad y posibilidades de adaptación a futuras configuraciones de acceso (figura 7). Cada uno de los estribos, junto con sus correspondientes muros laterales, se cimenta a través de 12 pilotes circulares de  $\varnothing 0.80$  m de diámetro.



**Figura 7. Alzado y planta de los estribos.**



### 3. PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA ESTRUCTURA

La obra comenzó, tras las labores iniciales de movimiento de tierras, por la ejecución de las cimentaciones de los estribos, compuestas cada una de ellas por 12 pilotes de diámetro  $\varnothing 0.80$  m, unidos en cabeza a una encepado de dimensiones  $29.40 \times 3.50 \times 1.25$  m.

Para la ejecución del montaje en obra de la estructura metálica del tablero y arco, llevadas a cabo en los talleres que ASCAMON posee en Langreo (Asturias), se utilizaron dos apoyos provisionales en sendas penínsulas artificiales creadas en el cauce. En primera instancia, los castilletes alcanzaron la cota del tablero, tal y como puede apreciarse en la figura 8.



**Figura 8. Castilletes intermedios provisionales.**

El montaje de la estructura se inició mediante el posicionamiento, con la ayuda de una grúa de 150 T, de las tres piezas que conformaban el cajón principal. Se colocaron en primer lugar las dos piezas extremas (figura 9) de una longitud aproximada de 16 metros, para en última instancia proceder al ensamblaje con la pieza central (figura 10), de aproximadamente 15 m de longitud.



**Figura 9. Montaje mediante grúa de las piezas laterales extremas del cajón.**



**Figura 10. Ensamblaje de la pieza central del cajón.**

Una vez dispuesto el núcleo principal del tablero, se procedió al montaje, en primera instancia, de las piezas laterales del mismo para posteriormente, proceder a la soldadura de las costillas laterales, disponiendo encima de ellas las chapas sobre las que discurre el tráfico peatonal (figuras 11 y 12).



**Figura 11. Montaje de piezas laterales del cajón principal.**



**Figura 12. Montaje de costillas laterales.**

El siguiente paso contempló el montaje del arco, llevado a cabo de una manera análoga al procedimiento ya mostrado para la ejecución del tablero. Para ello



hubo de procederse, en primer lugar, al recrecido de los castilletes, con objeto de alcanzar la cota del arco (figuras 12 y 13).



**Figura 12. Recrecido de castilletes para montaje del arco.**



**Figura 13. Montaje del arco en tres fases.**

Tras la colocación de las péndolas se llevó a cabo el tesado de las mismas en 15 fases, ejecutándose esta operación mediante llaves dinamométricas, ajustándose el par de apriete a la fuerza de tesado correspondiente (figura 14). Para un mejor control de la operación se utilizaron extensómetros digitales que registraban las deformaciones entre los extremos de las péndolas.



**Figura 14. Proceso de tesado de las péndolas. Instrumentación mediante extensómetros.**

El hormigonado de la losa superior de hormigón se llevó a cabo en una única fase, utilizándose prelosas de encofrado perdido. La secuencia completa de esta operación se muestra en la figura 15 siguiente.



Figura 15. Hormigonado de la losa superior.

## 4. ACABADO FINAL DE LA ESTRUCTURA

### 4.1. Pintura

Las principales características del proceso de pintado que han sido seguidas en la ejecución de la estructura han sido las siguientes, en orden cronológico: chorreado hasta grado Sa 2 ½, imprimación, epoxi-Zinc 40 micras, epoxi-poliamida 100 micras y sendas capas finales de esmalte poliuretano alifático de 40+40 micras.



Figura 16. Pintura final, combinando un color claro para el tablero y algo más oscuro para las costillas inferiores.

## 4.2. Acerado

El acerado del puente requirió el pegado de las baldosas directamente sobre la chapa superior que conformaba la acera. Las exigencias previas a la ejecución esta operación, en cuanto a la geometría de la acera (chapas de espesor 6 mm), fueron elevadas. El proceso de ejecución contempló un chorreado de arena inicial, la utilización de un producto adhesivo y material elástico de rejuntado.



Figura 17. Disposición de acerado de puente y acabado final.

## 4.3. Iluminación

De acuerdo a las indicaciones llevadas a cabo por el Ayuntamiento de Nájera, se ha prestado especial atención a los detalles relacionados con la iluminación de la estructura. Los elementos incluidos en el proyecto, y que pueden verse en las figuras 18 y 19, ha sido la siguiente:

- **Iluminación vial:** formada por 4 báculos de iluminación dispuestos en las 4 esquinas del puente.
- **Iluminación artística:**
  - Iluminación del fondo del tablero, a través de 4 proyectores dispuestos en el paramento frontal de los estribos.
  - Iluminación de los arranques de los arcos, a través de 4 proyectores, dispuestos en los laterales de los arranques del arco.



- Iluminación de las péndolas, a través de dos proyectores por péndola embebidos en la mediana del puente.



**Figura 18. Vista general de puente, en la que se aprecian los cuatro báculos de iluminación principal y alzado frontal del estribo con las cajas previstas para los proyectores del fondo del tablero.**



**Figura 19. Detalles de iluminación vertical del péndolas e iluminación de arranque de arco.**

## 7. BIBLIOGRAFÍA

[1] Proyecto de Construcción del Puente sobre el Río Najerilla". Excmo. Ayuntamiento de Náera. Febrero 2003.

[2] Análisis de grandes elementos de hormigón armado. Aplicación práctica del Método de Bielas y Tirantes. Hormigón y acero nº 195. 1995.