

Reconstrucción Puente de Santa Marta (Pontearnelas, Pontevedra)

Santa Marta Viaduct reconstruction (Pontearnelas, Pontevedra)

Sergio COUTO WÖRNER^a, Jorge CASCALES FERNÁNDEZ^b, Ricardo RICO RUBIO^c, Pablo Grandío Noche^d, Tania CANCELO REY^e y Yordi RIAL GERPE^f

^a Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. k2 Estudio de Ingeniería S.L. Director General. scouto@k2ingenieria.es

^b Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. k2 Estudio de Ingeniería S.L. Director Técnico. jcascales@k2ingenieria.es

^c Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. k2 Estudio de Ingeniería S.L. Director de Ingeniería. rrico@k2ingenieria.es

^d Ingeniero Técnico de Obras Públicas. k2 Estudio de Ingeniería S.L. Ingeniero de Proyectos. pgrandio@k2ingenieria.es

^e Ingeniero Técnico de Obras Públicas. k2 Estudio de Ingeniería S.L. Ingeniero de Proyectos. tcancelo@k2ingenieria.es

^f Ingeniero Técnico de Obras Públicas. k2 Estudio de Ingeniería S.L. Ingeniero de Proyectos. jlendoiro@k2ingenieria.es

RESUMEN

Se detalla la actuación realizada sobre el Puente de Santa Marta, situado en el PK 6+450 de la carretera PO-300 (T.M. Vilanova de Arousa – Ribadumia, Pontevedra) sobre el río Umia. El puente salvaba el río con un arco metálico intermedio con una pasarela metálica inferior colgada del mismo. El día 18 de abril de 2023 se cierra al tráfico al romperse varias péndolas. Después de estudiar la estructura se concluye que lo más adecuado es su desmontaje y construcción posterior de un puente nuevo. Se diseña en sustitución de dicho puente una celosía tipo Warren de 54 metros de luz isostática. Se aprovecha el cordón inferior para tráfico peatonal.

ABSTRACT

The work carried out on the Santa Marta Bridge, located at KP 6+450 of the PO-300 road (T.M. Vilanova de Arousa - Ribadumia, Pontevedra) over the Umia River, is detailed. The former bridge crossed the river with an intermediate metal arch with a lower footbridge hanging from it. On April 18, 2023, it was closed to traffic when several of its suspension profiles broke. After studying the structure, it was concluded that the most appropriate thing to do was to dismantle it and then build a new bridge. To replace it, a Warren-type truss with an isostatic span of 54 metres was designed. The lower chord is used for pedestrian traffic.

PALABRAS CLAVE: inspección, arco, celosía, patologías, demolición.

KEYWORDS: survey, arch, truss, pathologies, demolition.

1. Antecedentes

En la tarde del 18 de abril de 2023 se cerraba al tráfico el puente de Santa Marta desde poco después de las cuatro de la tarde ante el riesgo

que supone su estado actual para la circulación de personas y vehículos. Los daños en varias péndolas provocaron que cediese una parte de la

calzada. Unos peatones que circulaban por el puente y escucharon un fuerte ruido fueron los que dieron la voz de alarma y el 112 puso en marcha un dispositivo que movilizó a la Guardia Civil, a los Bombeiros do Salnés y a la Policía Local y Protección Civil de Vilanova. No constan daños materiales ni personales a raíz de esta incidencia.

Se realiza una visita a obra el 19 de abril de 2023 por parte de técnicos de k2 Ingeniería para conocer el estado de la estructura y poder formular diferentes hipótesis de las posibles causas.

Se realiza un resumen de las patologías más importantes detectadas de la estructura metálica:

- Rotura total de las 10 primeras péndolas del arco derecho (de un total de 15).
- Descenso importante de la calzada debido a la rotura de péndolas.
- Pérdida de paralelismo de los arcos debido al estado de carga actual.
- Rotura de algún elemento de la pasarela inferior.
- Múltiples puntos de oxidación a la largo de la estructura metálica, tanto en cordones de soldadura como en perfiles.



Figura 1. Vista general.

La unión de las péndolas con las vigas longitudinales se encuentra embebida en la losa de hormigón lo que imposibilita la correcta inspección del detalle. Sin embargo, se detecta oxidación en la parte inferior de las péndolas antes de introducirse en el hormigón.



Figura 2. Péndola rota.

- La rotura de las péndolas muestra oxidación con pérdida de sección en la zona de corte en varias péndolas.



Figura 3. Oxidación en péndola.

De la revisión de la información existente del proyecto original de la estructura, de los estudios de campo y de los modelos de contraste se derivan las siguientes conclusiones:

- El viaducto presenta avanzado estado de corrosión de varias zonas del mismo: péndolas, arco, vigas longitudinales y pasarela inferior.
- El estado tensional actual muestra zona plastificadas en múltiples elementos estructurales. Numerosas zonas de la estructura han pasado o están sometidas a avanzados estados de plastificación. Para asegurar una correcta vida útil de la

estructura sería necesario sustituir y/o reforzar gran parte de la estructura.

- La armadura de la losa superior debe haber plastificado en algunas zonas debido al descenso diferencial de la misma.
- A buen seguro parte del hormigón de la losa superior se ha fisurado por el mismo motivo.
- No es sencillo sustituir el hormigón de la losa superior.
- En el estado actual, casi la totalidad de la pasarela inferior se encuentra con tensiones por encima del límite elástico y está contribuyendo al sostenimiento de la estructura superior.
- Acción del agua como acelerante de los procesos de corrosión, debido a la ausencia de disposiciones que eviten que discurra a través de los paramentos de la estructura metálica y permitan su efectiva evacuación.

Con todos los datos de la estructura parece muy complicada su reparación y se considera que es necesario un desmontaje de la misma y construcción de un nuevo puente.

La Consellería de Infraestructuras e Mobilidade de la Xunta de Galicia declaró la Obra de Emergencia el 20 de julio de 2023 por un valor de 5.348.991€ a las empresas Civisglobal SL, Normansys SL y k2 Estudio de Ingeniería SL.

2. Demolición puente existente

El proceso de desmontaje del puente es una maniobra delicada, pues no es posible una demolición por el riesgo de contaminación del río. Era necesario un proceso controlado desmontando pieza a pieza. El desconocimiento del estado real de la estructura, el acceso y la seguridad complicaba mucho el proceso.

A partir del día 28 de abril se comenzaron a disponer puntales telescópicos para apuntalar la estructura, por lo que los movimientos, si los hubiese, se verían muy reducidos. Los puntales son capaces de soportar la carga vertical que les tocaría en el caso de que toda la estructura descansara sobre ellos.



Figura 4. Puntales.

El puente se encuentra, tal y como se ha indicado con 10 péndolas rotas aguas arriba (lado derecho) y con un descenso lateral estimado de unos 50 cm.

Una vez apuntalada la estructura se procede del siguiente modo:

- Retirada de servicios existentes (luz, agua, alumbrado y canalizaciones).
- Retirada entarimado de madera superior.
- Retirada de pretilos desde fuera del puente.
- Instalación arriostramiento transversal para estabilizar la estructura.
- Colocación de lonas inferiores para minimizar contaminación al río (se coloca también una balsa anticontaminación aguas abajo).
- Realización cortes longitudinales en losa superior.



Figura 5. Corte losa superior.

- Ejecución de cortes transversales entre vigas transversales y retirada losa hormigón.



Figura 6. Desmontaje losa.



Figura 7. Fin desmontaje losa.

- Retirada estructura metálica pasarela inferior.
- Retirada puntales.
- Corte y retirada emparrillado superior.



Figura 8. Desmontaje tablero.

- Corte y retirada arcos principales.



Figura 9. Desmontaje arco.

3. Diseño nuevo puente

A la vez que se realizan los trabajos de desmontaje del puente se realiza el diseño y proyecto del nuevo.

Los condicionantes de diseño son los siguientes:

- Puente situado en el Camino de Santiago en un enclave privilegiado. Se buscó en todo momento un diseño acorde a la zona, con un tráfico de peregrinos inferior considerable. Se diseñaron todos los elementos con esmero buscando un correcto aspecto estético.
- Longitud de puente 60m entre pilas existentes.
- Trazado en alzado y transversal variable.

- Muy difícil aprovechar las cimentaciones existentes, pues la geometría de ambas estructuras es distinta.
- Solución rápida de construcción e industrializada.
- Nuevos mapas de inundación del río, lo que obligaba a elevar las cotas de apoyo de la estructura principal.
- Río Umia con mucha variabilidad de lámina de agua y crecidas muy rápidas.

El puente se resuelve mediante un tramo biapoyado de 54.0m de luz apoyado sobre dos pilas situadas a ambos márgenes del río Umia. Se emplea una tipología del tablero en celosía metálica tipo Warren, con diagonales a tracción y compresión, materializada mediante dos planos de celosía, sobre los que se apoya una losa superior de hormigón. La estructura soporta tráfico a dos alturas distintas, discurriendo el tráfico rodado sobre la losa superior de hormigón, mientras que el tráfico peatonal transita por el interior de la celosía, soportado por el cordón inferior de la celosía.



Figura 10. Fotomontaje nuevo puente.

La longitud total del puente reconstruido es de 60 metros. El ancho de la losa superior y por tanto de la plataforma para circulación de vehículos es de 10.00 metros. Se disponen barreras laterales que ocupan 0.50m de ancho a cada lado, dejando un ancho de calzada de 9.0m, que incluye arcenes laterales de 1.0m de ancho y dos carriles de 3.50m. La plataforma peatonal inferior presenta una anchura libre de 2.50m, delimitada por una barandilla a cada lado.

La losa superior de hormigón armado se materializa mediante prelosas de celosía

prefabricadas que sirven como encofrado perdido y como elemento colaborante sobre el que se hormigona la losa superior in situ. Para adaptarse al complejo trazado existente, la losa se configura con una variación de pendiente transversal entre los bordes y el eje de la estructura, con un canto total variable entre un valor mínimo de 0.25m y un máximo de 0.35m. La geometría adoptada permite adaptarse a la variación de pendiente transversal del trazado, posibilitando que la cara inferior del elemento tenga una única pendiente transversal entre ambos bordes. De este modo se facilita la geometría de las prelosas y su montaje en obra. La celosía metálica bajo la losa superior se compone de dos planos de celosía con un intereje medio de los cuchillos a la altura del cordón superior de 5.00 metros. El canto de la celosía es variable, presentando un valor mínimo de 3.550m entre ejes de cordones en el centro de luz y un valor máximo sobre apoyos de 4.275m entre ejes de cordones. En dirección transversal, los cuchillos se orientan con una inclinación 1H:20V, de manera que, debido a ello y a la variación de canto, el intereje entre cordones inferiores de los cuchillos es variable, presentando un valor máximo de 4.575m en la sección de centro de luz y un mínimo de 4.473 sobre las secciones de apoyos.

Los cordones superiores e inferiores de la celosía están formados por una sección rectangular en cajón cerrado de 0.70 metros de canto y 0.40 m de ancho mientras que las diagonales se componen por un cajón cerrado de sección cuadrada de 0.40 metros de canto y 0.40 m de ancho.

Transversalmente, los dos planos de celosía se vinculan en su plano superior de cara a la estabilidad durante el montaje mediante perfiles en T dispuestos en cada nudo. Los cordones inferiores se conectan a través de las vigas transversales de apoyo de la plataforma peatonal. Los cordones inferiores descansan en aparatos de apoyo de neopreno sustituibles colocados sobre las pilas. Las pilas se materializan mediante

fustes rectangulares. Cada fuste está soportado por un encepado apoyado sobre micropilotes. Se dispone iluminación superior en la calzada mediante báculos e inferior mediante tiras led ubicadas en los pasamanos de madera de la barandilla.

4. Construcción

La demolición de la estructura existente concluyó en octubre de 2023.

Al mismo tiempo ya se estaba construyendo en taller la estructura principal, que fue adjudicada a Dizmar.

El otoño hacía muy difícil la construcción en obra por las continuas crecidas del río, lo que ralentizaba la ejecución de las cimentaciones de la estructura.



Figura 11. Inundación río Umia.

Con ayuda de bombas de achique fue posible micropilotar las pilas en noviembre y terminar la subestructura en enero de 2024.



Figura 12. Micropilotes.



Figura 13. Pilas.

Para estas fechas el tablero se encontraba terminado en taller. Las dos celosías se transportan de manera independiente a obra partidas en dos mitades y se ensamblan en la explanada paralela a la traza.



Figura 14. Ensamblaje celosías.

Fue necesario estudiar de manera exhaustiva la colocación de las celosías principales. Para no disponer grúas de un tamaño desproporcionado

los estabilizadores de debían acercar mucho en alguna fase al río, por lo que hubo que reforzar la explanada adyacente en algún punto.



Figura 15. Izado celosía.

El izado de las celosías se finalizó con éxito en febrero de 2024.



Figura 16. Ensamblaje celosías.

Una vez realizados los pertinentes ensayos en obra de soldaduras se procedió a la colocación de las prelosas en celosía sobre los cordones metálicos.



Figura 17. Montaje prelosas.

Con el ferrallado y hormigonado de la losa superior se concluyeron las labores de la estructura de la calzada superior.



Figura 18. Hormigonado losa superior.

Al mismo tiempo se construían las cimentaciones para las rampas inferiores de madera y se ensamblaba la estructura inferior que daría cabida al Camino de Santiago.



Figura 19. Pasarela inferior.

Además de la actuación en el puente principal se llevaron a cabo labores de reparación en los vanos prefabricados laterales: inyección de fisuras, mejoras en el drenaje, recogida de aguas y pintura de pretiles y pilas.



Figura 20. Prueba de carga.

El resto de los trabajos (pretiles, iluminación, impermeabilización, drenaje, asfaltado, prueba de carga, etc) se concluyeron en las siguientes semanas, inaugurándose el puente el 20 de junio de 2024.



Figura 21. Puente terminado.



Figura 22. Detalle barandilla pasarela.

5. Dirección de obra

Además de los trabajos de oficina técnica y proyecto, se llevaron a cabo las labores de dirección de obra diaria.

Se diseñaron y realizaron los ensayos de control de todos los elementos: cimentación, hormigones, acero, pintura, geotecnia, etc.

Se resolvieron todas las incidencias ocurridas de la manera más ágil posible, concluyéndose la obra en poco más de un año desde que ocurrió el accidente.

Se redactó también el Plan de Mantenimiento de la estructura para acompañarla en su envejecimiento de manera adecuada.

5. Conclusiones

Más allá de mostrar la actuación en el puente, nos parece fundamental insistir una vez más en la importancia de la ingeniería preventiva.

Es imprescindible llevar a cabo un programa de inspección de las estructuras que no acabe en un mero catálogo de daños, sino que se deben realizar las labores de mantenimiento necesarias para cada tipo de tipología y material.

Las estructuras metálicas requieren un estudio diferente al de las estructuras de hormigón. Se deben cuidar los detalles de diseño de manera específica, para evitar fenómenos de fatiga, debiendo ser todos los detalles visitables y reparables.

Los aparatos de apoyo deben ser sustituibles de la manera más sencilla posible, debiendo estar este aspecto definido en proyecto.

Todos estos aspectos deben estar pensados y el diseño estructural debe reflejarlos de manera clara.

Se ha pretendido presentar en este artículo los criterios de diseño del viaducto, desarrollando los condicionantes principales y los conceptos estructurales y constructivos para solventarlos de la manera que se ha considerado la más adecuada, buscando en todo momento el equilibrio entre un comportamiento estructural óptimo, no afección al cauce, facilidad constructiva y aspecto formal.



Figura 23. Puente terminado.

Agradecimientos

La obra fue promovida por la Consellería de Infraestructuras e Mobilidade de la Xunta de Galicia y fue llevada a cabo por Civisglobal.

Se quiere agradecer la oportunidad que se nos ha brindado en todas las etapas del viaducto, desde el desmontaje del puente existente, el diseño hasta la asistencia técnica durante ejecución incluido el apoyo al control de la maniobra.

Gracias y enhorabuena al equipo de la Xunta de Galicia, con J. Enrique Pardo como Director de Obra.

Cabe destacar la labor de Civisglobal, Santiago Pereira (Jefe de Obra), Adrián Arias (Jefe de Producción), J. Carlos Gamallo (Dirección Técnica) y de todo el equipo de topografía y producción.

La estructura metálica ha sido fabricada y montada sobre apeos por Dizmar, llevando a cabo un duro trabajo de producción desde sus talleres de O Carballiño (Ourense), con un resultado final de gran calidad.