

Concepto y obra en la rehabilitación de un puente metálico diseñado en el siglo XIX: Puente de Treto

Concept and works in the rehabilitation of a steel bridge designed in 19th century: Treto Bridge

Óscar Ramón RAMOS GUTIÉRREZ

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
LOUIS BERGER - APIA XXI. Universidad de Cantabria.

Head of Bridges Department

oramos@louisberger.com

Iván TORIBIO SÁNCHEZ

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
LOUIS BERGER – APIA XXI
Bridges Department

itoribio@louisberger.com

Juan PEÑA LASSO

Ingeniero Industrial
LOUIS BERGER – APIA XXI
Bridges Department

jupena@louisberger.com

David GARCÍA SÁNCHEZ

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

ddgarsan@gmail.com

Manuel Ángel DÍAZ GARCÍA

Ingeniero Industrial
LOUIS BERGER – APIA XXI
Bridges Department

mdiaz@louisberger.com

Marcos Jesús PANTALEÓN PRIETO

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
LOUIS BERGER – APIA XXI. Universidad de Cantabria.

Technical Director

mjpanta@louisberger.com

RESUMEN

El puente de Treto en la N-634 a su paso por Colindres (Cantabria) fue puesto en servicio en 1905 y, desde entonces, es una infraestructura emblemática de gran intensidad de tráfico rodado y peatonal. En el año 2015 se afrontó su rehabilitación siguiendo la misma filosofía de un proyecto de rehabilitación previo firmado por Jesús Páez Martínez en 1996, el cual definió tres tipos de actuaciones: reparaciones, refuerzos y sustituciones. La no uniformidad estructural del puente y la heterogeneidad de los materiales condicionó una rehabilitación claramente diferenciada por la tipología de los tramos y los materiales. Esta rehabilitación diferenciada exigió el desarrollo de trabajos muy específicos en un entorno de gran singularidad natural y paisajística.

ABSTRACT

Treto Bridge, in Colindres (Cantabria), belongs to the N-634 roadway. Opened to traffic in 1905, it has become an emblematic structure serving a high vehicular traffic intensity as well as pedestrian. Rehabilitation works took place in 2015. The works performed were according to a previous rehabilitation project, by Jesús Páez Martínez, dated 1996. Three types of work were carried out: repairs, reinforcements and replacements. The lack of structural uniformity of the bridge as well as the heterogeneity of the materials led to a series of rehabilitation works clearly differentiated according to the different segment types and materials. The different rehabilitation works required the development of very specific operations in an area of a great natural and landscaping value.

PALABRAS CLAVE: Rehabilitación, reparación, refuerzo, sustitución, material, acero

KEYWORDS: Rehabilitation, repair, reinforcement, replacement, material, steel

1. Historia del puente

1.1. Antecedentes administrativos, técnicos e históricos del puente

Aunque la construcción del puente de Treto (Colindres, Cantabria) se enmarca entre los años 1893 y 1905, las condiciones para la obra surgieron varias décadas antes, y se enmarcan en un conflicto territorial por la preponderancia de una ruta comercial antigua que comunicaba las villas pesqueras del cantábrico con el interior castellano a través del paso de los Tornos, frente a una nueva emergente que pretendía discurrir paralela a la costa por el antiguo Camino de la Costa, que a tal efecto fue adaptado hasta convertirse en una carretera, y que serviría de nexo de unión entre las provincia de Vizcaya y Santander, y de estas con las poblaciones del norte peninsular (Figura 1).

Así, el proyecto de “puente de hierro” (con dos tramos fijos y uno giratorio) es aprobado en abril de 1890. Las obras fueron subastadas en 1893 y fueron adjudicadas a José María Álvarez de la Pedrosa, que representaba a la Fábrica de Mieres, donde se construyó el puente.



Figura 1. Vista general del Puente de Treto sobre la ría del Asón.

1.2. Descripción del puente

La longitud total del puente es de 161.74 m (Figura 2), configurado mediante 4 vanos de luces aproximadas $19.0+19.0+61.5+61.5$ m. La anchura de la calzada es de aproximadamente 5.50 m y los andenes en voladizo dispuestos a cada lado para el tránsito de peatones tenían 0.80 m de anchura mínima.

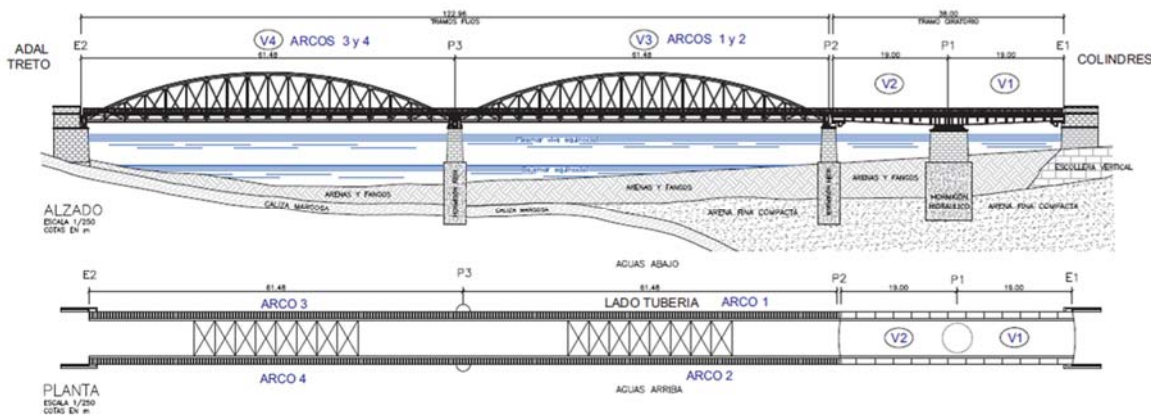


Figura 2. Alzado y planta del puente de Treto.

Los dos primeros vanos del puente (de 19 m de luz cada uno) constituyen el tramo giratorio. La sección transversal está formada por dos vigas armadas doble T de canto variable. Las vigas están separadas 6,5 m, con un ancho útil de calzada de 5,78 m. Cuenta con dos andenes en los laterales destinadas a los peatones con un ancho de 1,38 m soportados mediante jabalcones. La rodadura (inicialmente de madera) se sustenta sobre viguetas metálicas longitudinales doble T separadas 810 mm y apoyadas en los rigidizadores transversales que unen las vigas principales (Figura 3). El giro (de eje vertical) es posible porque el tramo se asienta sobre una pila circular de 6 m de diámetro en cuyo centro va empotrado un eje vertical de hierro forjado. El tablero se fija mediante un disco circular que rueda apoyado sobre una caja hueca unida a la fábrica de la pila. La maniobra se verificaba mediante un sistema de engranajes unido a las traviesas del tramo, moviéndose mediante una llave y engranaje unidos a una gran rueda dentada sujeta a la pila. Realmente la funcionalidad giratoria del puente únicamente se mantuvo hasta el año 1940, aunque no se tiene constancia documental de las veces que realmente se realizó la operación.

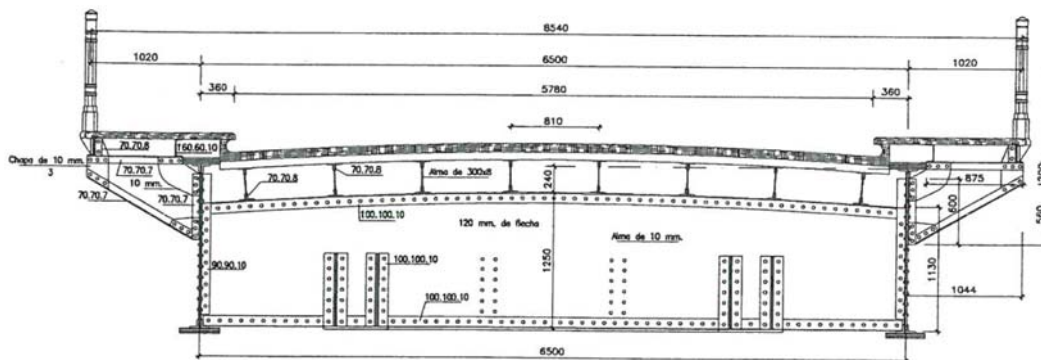


Figura 3. Sección transversal tipo del tramo giratorio.

Los dos siguientes vanos constituyen el tramo fijo. Se trata de dos vanos isostáticos, metálicos, materializados por sendas vigas en celosía de cordón superior curvo (a modo de arco bowstring). El cordón superior es parabólico, de 60.48 m de luz y una flecha de 7.61 m, lo que conduce a un arco rebajado con una relación entre flecha y luz de 8. La sección transversal del arco es prácticamente idéntica a la de la viga tirante. Ambas son secciones en U, con cada una de las almas conformada por dos platabandas de 12 mm roblonadas entre sí. A estas almas se les une en uno de los extremos un angular. En el otro se le unen 4 planchas de 11 mm en el caso de la viga tirante, y tres de 12 mm en el arco. La rodadura descansa sobre un conjunto de viguetas longitudinales doble T que se apoyan en las vigas transversales dispuestas cada 3.36 m y que se conectan a los montantes y las vigas tirante. Los montantes están formados por cuatro perfiles en L, unidos a pares

formando una T, y enfrentados entre sí. En el caso de las diagonales originalmente se dispusieron dos placas de 12 mm de espesor por cada diagonal. Ni las placas ni las diagonales estaban unidas entre sí. Los arcos se arriostran entre sí mediante celosías verticales colocadas transversalmente limitando el gálibo vertical (Figura 4).

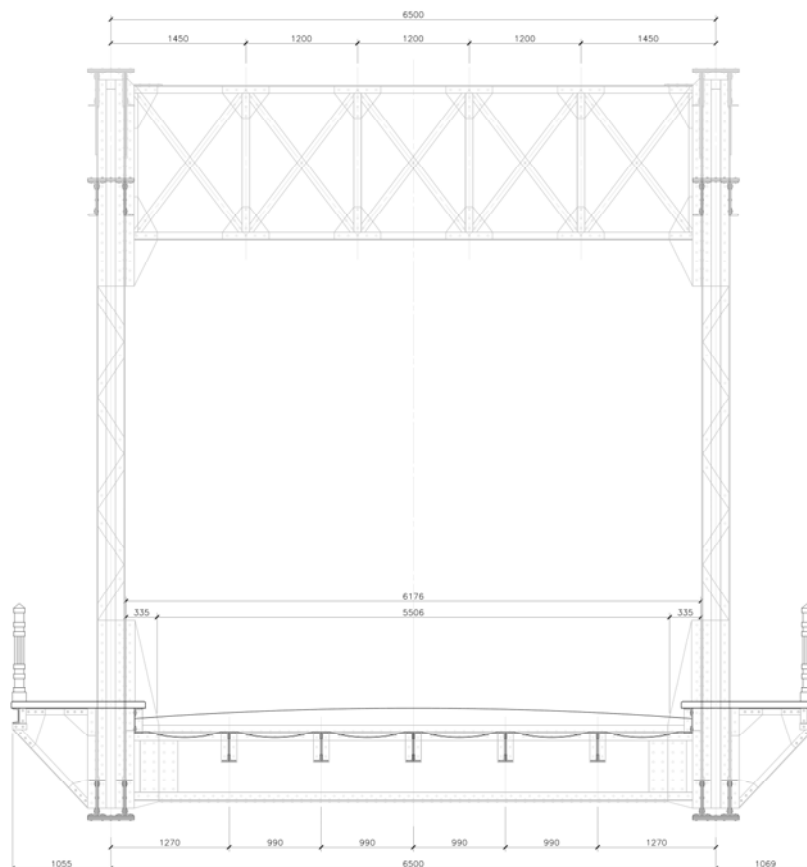


Figura 4. Sección transversal tipo del tramo fijo.

Todos los elementos metálicos van unidos mediante roblones. Según consta en la documentación relativa a los sucesivos proyectos que dieron lugar al puente de Treto, el material empleado en el mismo es el hierro forjado, que constituye uno de los materiales derivados del hierro que se han utilizado sucesivamente en la construcción de puentes, después que el hierro fundido y antes que el acero.

La subestructura está formada por estribos y pilas de fábrica de sillería, dos de planta ovalada (para los tramos fijos) y una tercera circular sobre la que se apoya por su punto medio el tablero del tramo móvil).

1.3. Intervenciones anteriores a la rehabilitación del año 2016

Además de las labores rutinarias de conservación y mantenimiento, entre 1969 y 1971 se llevó a cabo el desarrollo de un proyecto de reparación que recogía un gran número de actividades, entre las que se destacan las siguientes:

- Unión de las viguetas y vigas principales en los tramos de viga parabólica, que se encontraban en muy malas condiciones a causa de la oxidación. La reparación se hizo por soldadura, disponiéndose dos chapas de unión del angular con el alma de la vigueta y reforzando la ménsula de apoyo con una cartela.

- Relleno de los tirantes (vigas principales) de un material impermeabilizante y de poco peso para dejarlos estancos, ya que presentaban unos desagües insuficientes y obturados. El material propuesto era “hormigón de termita o similar” protegido en sus 5 cm superiores con un hormigón ligero con áridos y termita o similar.
- Las diagonales de los tramos parabólicos no estaban unidas en los puntos de cruce. Además, eran muy esbeltas por lo que vibraban mucho al paso de los vehículos y producían mucho ruido. Para aumentar su rigidez se propuso soldarlas a una chapa de 50x6 mm de forma que la sección transversal de cada una fuera una T, y unir entre sí cada par de diagonales paralelas, además de soldarlas en el punto de cruce.
- Aunque no se podía determinar con exactitud la cuantía hasta levantar el forjado, los largueros del tramo giratorio tenían oxidada la cabeza superior, en contacto con el tablero de tablonos. Para subsanarlo se dispuso colocar una pletina de refuerzo de 70x8 soldada a la cabeza. Para evitar oxidaciones futuras se proyectó sustituir el tablero de tablonos por otro de hormigón aligerado de similar peso, evitando las continuas reparaciones. Igualmente, se introdujo un forjado de chapa de 20 mm y se duplicó el número de viguetas longitudinales.
- Reparación de las chapas metálicas que constituían el elemento resistente del forjado de los tramos parabólicos. Estaban oxidadas debido a las filtraciones que se producían a través del pavimento y del relleno. Su reparación se proyectó mediante chapa y soldadura y sustitución del relleno por un hormigón rico armado con una malla de redondo.
- Sustitución de las aceras de madera por otras de chapa estriada de 8 mm.
- Sustitución del tablero de tablonos en el tramo giratorio por un forjado de chapa de 20 mm.

En el año 1986 se aprobó el último proyecto de intervención en el puente que suponía únicamente su pintado.

1.4. Motivación del proyecto de rehabilitación

La Demarcación de Carreteras de Cantabria promovió la redacción de un proyecto de emergencia en 2015 con el fin de reforzar, proteger y rehabilitar estructuralmente una infraestructura que, desde sus orígenes, ha sido fundamental para el desarrollo socio económico de la zona. El estado en el que se encontraba el puente 45 años después de su última intervención profunda era suficientemente grave como para impulsar un proyecto de rehabilitación integral que devolviera al puente a unos niveles de seguridad estructural adecuados a las necesidades del siglo XXI y, a la vez, conservando su esencia.

2. Concepción de la rehabilitación

El proyecto de rehabilitación aprobado en 2015 tomaba el testigo del realizado por Jesús Páez en 1996. El proyecto trataba de tener en cuenta todas las incertidumbres a las cuales se enfrentaba, que no eran pocas. De entre todas esas incertidumbres destacaba la capacidad resistente de las vigas principales de los tramos fijos. Para resolver este problema se ideó un sistema de pretensado que finalmente fue descartado porque las pérdidas de sección resistente que presentaban las vigas no eran tan significativas como en un principio se pensó. Las diagonales se resolvieron con un diseño más liviano de lo propuesto inicialmente y más parecidas a las originales del puente.

Las nuevas uniones realizadas fueron atornilladas, y claramente identificables frente a las roblonadas.

Estas soluciones adoptadas quedaron perfectamente alineadas con la filosofía del proyecto que era conseguir reforzar la estructura sin introducir soluciones alejadas del diseño original.

3. Hitos constructivos

Se describen a continuación los principales hitos constructivos que marcaron el desarrollo de los trabajos.

3.1. Tramos fijos

3.1.1. Fresado inicial de aglomerado

Para dejar un menor peso sobre la estructura metálica de los tramos, un camino suficiente de rodadura para los medios auxiliares y también tener una barrera frente a la lluvia de la zona se ejecutó un fresado de unos 20 cm reduciendo la carga muerta sobre la estructura metálica al 50% ya que, gracias a las catas realizadas se detectaron espesores de firme del orden de los 35-40 cm.

3.1.2. Colocación de andamios

Para la realización de los trabajos de saneo, limpieza con chorro de arena, reparación de nudos inferiores en tramos fijos y vigas principales fue necesaria la instalación de andamios bajo tablero colgados de tipo tubular y modulares. Los exigentes condicionantes medioambientales exigieron el encapsulamiento del puente para evitar vertidos a la ría.

3.1.3. Rehabilitación de nudos inferiores en tramos fijos

Se considera que esta reparación supone la clave del proyecto (Figura 5), y por lo tanto del puente, por su responsabilidad estructural. La intención inicial fue reemplazar la cartela vertical interior del nudo pero finalmente se optó por un refuerzo mediante aportación de nuevos forros que garantizaran la transmisión de esfuerzos de cargas de vigueta transversal a montante. Este refuerzo en nudos se realizó de forma sistemática y segura en dos fases: nudo superior y nudo inferior.

El refuerzo del nudo se completó con la colocación de un perfil tipo "U" en el interior de montantes y viga principal pensando en las nuevas solicitaciones derivadas por los nuevos jabalcones y aceras.



Figura 5. Rehabilitación de nudo inferior.

Estos nudos se reforzaron con cartelas de unión con las diagonales y sus angulares inferiores. Las conexiones con montantes también se reforzaron.

3.1.4. Rehabilitación de montantes y diagonales

La actuación realizada en los montantes (Figura 6) ha consistido en la rectificación de su alineación vertical cuando se encontraban fuera de tolerancia e incluso su sustitución cuando la deformación era irrecuperable. Al estar compuestos por 4 angulares unidos mediante pletinas en zig-zag pudieron ser manipulados de 2 en 2 angulares para así tener siempre ambos cordones arriostrados y apeados entre sí, sin necesidad de disponer de medios auxiliares adicionales.

La actuación en diagonales consistió en la eliminación del arriostramiento interior entre parejas de llantas, devolviendo a la estructura la permeabilidad visual original. Para evitar vibraciones excesivas se han arriostrado puntualmente en puntos centrales y a cuarto de luz en el caso de las más esbeltas.



Figura 6. Diagonales. Antes y después de la intervención.

3.1.5. Rehabilitación de arco y viga principal en tramos fijos

La viga principal tiene una sección en “U” mientras que la sección del arco dispone de una sección de “U” invertida (Figura 7).

La pérdida de material por corrosión de las chapas que componen los cordones no se tradujo en una merma de la capacidad estructural y se procedió, básicamente, a su recuperación estética.

La viga principal se encontraba rellena de un material bastante impermeable que fue retirado para posteriormente sanear, proteger y reforzar la viga. Finalmente, se rellenó de Arlita y se selló con hormigón HM-20.



Figura7. Rehabilitación de viga principal. Antes y después de la intervención.

3.1.6. *Sustitución de celosías superiores*

Debido al estado de deformación por impactos existente en las celosías superiores que unen los arcos se decidió cambiarlas por nuevas celosías de similar geometría.

3.1.7. *Losa de hormigón armado conectada al entramado metálico*

Con la idea de ofrecer una fuerte rigidez en el plano de la calzada y materializar una impermeabilización efectiva frente al agua de lluvia se ha ejecutado una losa de hormigón armado conectada a las platabandas superiores de las viguetas transversales mediante conectadores. La losa de hormigón HA-30/B/20/IIIa tiene por bordes longitudinales las vigas metálicas del entramado original en forma de "C". Las bovedillas originales que se conservaban en buen estado se utilizaron como encofrado perdido. El espesor medio de la losa ejecutada es de 18 cm, siendo mayor en el centro de las bovedillas (Figura 8).



Figura 8. Hormigonado de losa en tramo fijo.

3.2. Tramo móvil

3.2.1. *Rehabilitación en vigas principales*

El refuerzo desarrollado en el tramo móvil fue el resultado de comparar el espesor remanente de chapas con el necesario por cálculo. Los refuerzos fueron puntuales y, básicamente, supusieron la incorporación de nuevas chapas en alas inferiores, angulares verticales y sustitución de elementos de unión.

3.2.2. *Rehabilitación en viguetas transversales*

La actuación realizada sobre las viguetas transversales se basó en la colocación de nuevos forros, extracción de roblones, colocación de nuevos cubrejuntas y sustitución de angulares.

3.3. Limpieza y saneo de superficies

Inicialmente se propuso la limpieza de la superficie metálica mediante chorro de agua a alta presión, pero la imposibilidad de recoger tanto el agua como el residuo procedente del material existente, hizo que se optara finalmente por un chorreo de arena que garantizó la limpieza total de la superficie metálica dejando ver los espesores reales de material. Para evitar vertidos a la ría del Asón se dispuso un sistema de encapsulado (Figura 9).

3.4. Protección del acero

Se eligió una protección del acero muy avanzada acorde al nivel de agresividad existente en la ría y a la importancia del puente. Pero además de la exigencia en la tecnología de las propias pinturas aplicadas se desarrolló una exhaustiva metodología incluida en el PPI de la obra. Especialmente singular fue el encapsulamiento llevado a cabo de los arcos cumpliendo la premisa de “0 vertido” sobre la ría.



Figura 9. Encapsulado del puente por tramos.

3.5. Nuevos jabalcones y aceras

Para poder dar mayor anchura a las aceras del puente se dotó al mismo de una solución de aceras sobre jabalcones metálicos de 1.90 m de largo. Se componen de varios elementos ensamblados entre sí mediante tornillería de alta resistencia, disponiendo sobre su horizontal superior de 4 perfiles IPE120 y 2 UPN120. Sobre estos perfiles se colocó una chapa lagrimada de 5 mm atornillada a los perfiles.

3.6. Aparatos de apoyo y juntas de calzada

El sistema de apoyo del puente consiste en apoyos metálicos tipo balancín fijos y móviles (Figura 10). Una vez se comprobó el estado de conservación de los mismos después de su limpieza y saneo con chorro de arena se procedió a la sustitución de las chapas laterales que unen los rodillos de giro. También se protegieron con el sistema de pintura dispuesto en las zonas bajas del tablero y se engrasaron.



Figura 10. Aparato de apoyo rehabilitado previo al engrasado.

3.7. Nueva tubería y otros servicios afectados

Inicialmente existía una tubería que discurría bajo los jabalcones aguas abajo. Esta tubería fue sustituida por otra nueva aguas arriba conectando en sus extremos con la Autovía del Agua entre Bárcena de Cicero y Colindres. Si bien el nudo inferior se considera que es la clave del puente desde el punto de vista estructural, esta tubería fue la clave desde el punto de vista constructivo por su implicación dentro de la planificación de los trabajos.

Los servicios de telefonía, existentes bajo los antiguos arcones también fueron trasladados.

3.8. Equipamientos, iluminación y drenaje

En el tramo móvil se ha optado por la colocación de un pretil tipo urbano para velocidades inferiores a 50 km/h y nivel de contención de vehículos con marcado CE. Se encuentra anclado a las vigas principales mediante un anclaje previo a una acera de hormigón armado y éstas a su vez anclada a las vigas mediante conectadores.

Para disponer una iluminación que cumpla con el requisito impuesto por Medio Ambiente de no contaminar lumínicamente la ría y evitar el deslumbramiento de los conductores se colocaron luminarias planas a nivel de acera que únicamente emiten luz tangencial sobre la misma (Figura 11). El drenaje en calzada se consigue mediante la colocación de sumideros en las mismas ubicaciones de los que existían anteriormente. En total se han dispuesto 24 sumideros en cada lateral.

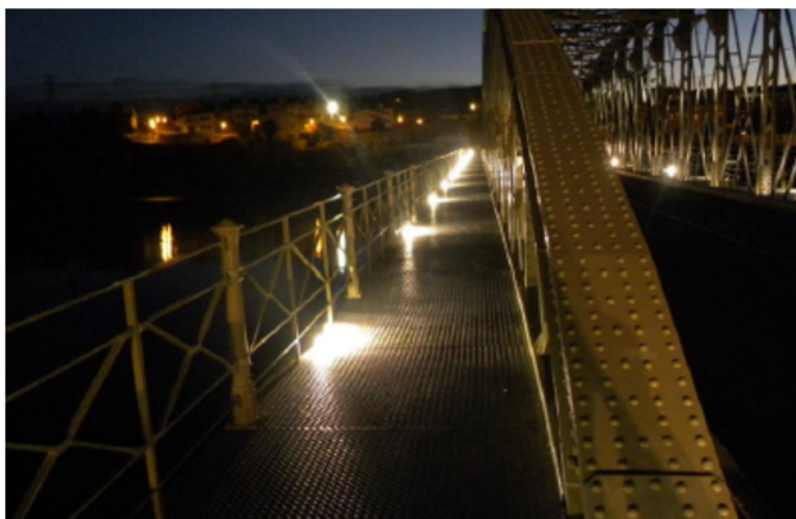


Figura 11. Vista nocturna actual desde el puente.

3.9. Señalización y urbanización de accesos

Finalmente se dispuso la señalización horizontal sobre el aglomerado y accesos al puente con línea intermedia continua blanca y se adecuaron los accesos mediante rebaje de las aceras y bordillos para discapacitados y señalización de pasos de peatones.

3.10. Instrumentación durante la construcción

Dada la importancia de la estructura y la incertidumbre desde distintos puntos de vista en la respuesta mecánica ante las importantes modificaciones que se iban a realizar durante la rehabilitación, se dispuso de un sistema de instrumentación compuesto por bandas extensométricas. El objetivo de este sistema de instrumentación no fue otro que conocer en todo

momento la respuesta de los principales elementos portantes (arco, viga principal y montante) y garantizar la seguridad de las operaciones.

4. Conclusiones

El análisis completo del puente de Treto demuestra que se trata de una estructura muy avanzada técnica y tecnológicamente para su época. No es casualidad por tanto que, a pesar del agresivo entorno y del no siempre eficaz mantenimiento recibido desde su construcción, haya llegado hasta nuestros días ofreciendo un servicio fundamental para los vecinos de los ayuntamientos que une.



Figura 12. Vista general del puente. Antes y después de la intervención.

Este puente ofrece, en esencia, toda una lección de Ingeniería e Historia. Confiamos que el paso del tiempo confirme que la intervención realizada entre septiembre de 2015 y julio de 2016 estuvo a la altura de las circunstancias (Figura 12).

Agradecimientos

José Francisco Sánchez Cimiano (Director de Ora), Juan José Barquín Lavín, Julio Gutiérrez Ibarlucea, Miguel Lavín García, Mariano Villameriel, Miguel Ángel Delgado (TECYRSA, empresa encargada de la rehabilitación) y Ángel Tazón Puente. Recuerdo especial para Jesús Páez Martínez, autor del proyecto de rehabilitación del puente propuesto en 1996 a la Demarcación de Carreteras en Cantabria.

Referencias

- [1] J. Páez Martínez, Proyecto de rehabilitación del puente metálico de 1901. 1996
- [2] M. L. Ruiz Bedia, Hitos y Mitos de la Ingeniería Civil en Cantabria. El puente de Treto. Ponencia Universidad de Cantabria. 2010.
- [3] J. F. Sánchez Cimiano, M. J. Pantaleón Prieto, Proyecto Modificado de rehabilitación del puente metálico de 1901. 2016.
- [4] A. Revuelta Pérez, A. Setién Expósito, A través del puente. Ayuntamiento de Colindres, 2005.
- [5] J. F. Sánchez Cimiano, M. A. Delgado, Rehabilitación integral del puente metálico entre Treto y Colindres, Ctra N634. 2016.