

Obras de sustitución de pretil del Viaducto de Ruitelan A-6 P.K. 424+000

Barrier replacement works of the Ruitelan Viaduct A-6 P.K. 424 + 000

Jorge Alberto Cerezo Macías*, a, Elena Seguido Fernández-Tresguerres^b

^aIngeniero de Caminos, Canales y Puertos. PROES Consultores S.A. Director Área Consultoría y Asistencias Técnicas.

acerezo@proes.engineering

^bIngeniera de Caminos, Canales y Puertos. PROES Consultores S.A. Directora Proyecto Rehabilitación & Mantenimiento.

eseguido@proes.engineering

RESUMEN

El Viaducto de Ruitelan se encuentra en la A-6, fue originalmente construido para el paso de la N-VI, y posteriormente fue reconstruido parcialmente y su tablero ampliado para alojar una de las dos calzadas de la Autovía. Se ha requerido una intervención por procedimiento de emergencia, en la margen derecha de su tablero para realizar la sustitución del pretil, debido al deterioro que presentaba el mismo. Para ello se diseñó el nuevo pretil de acuerdo con la actual normativa referente a los sistemas de contención, y las obras se realizaron aplicando distintas técnicas constructivas con el objetivo de minimizar las afecciones a la estructura existente, así como también a los usuarios de esta vía.

ABSTRACT

The Ruitelan Viaduct is located on the A-6, was originally built for the passage of the N-VI, and was subsequently partially rebuilt and its board expanded to accommodate one of the two lanes of the Highway. An intervention by emergency procedure has been required, in the right margin of its board to carry out the replacement of the barrier, due to the deterioration that it presented. For this, the new parapet was designed in accordance with the current regulations regarding containment systems, and the works were carried out applying different construction techniques with the aim of minimizing the effects on the existing structure, as well as the users of this route.

PALABRAS CLAVE: puentes, rehabilitación, pretiles, sistemas de contención, hidrodemolición.

KEYWORDS: bridges, rehabilitation, barriers, containment systems, hydrodemolition.

1. Antecedentes

El Viaducto de Ruitelan (fig.1) es un puente situado en el P.K. 424+000 de la Autovía que une Madrid con La Coruña (Galicia) y que fue originalmente construido a finales de los años setenta para permitir el paso de la Carretera Nacional N-VI sobre el arroyo Real en el municipio de Ruitelan. Posteriormente fue modificado parcialmente a principios de los años dos mil, ampliando el

tablero para alojar una de las dos calzadas actuales de la Autovía A-6, en concreto la calzada izquierda, dirección Madrid.

Debido al deterioro que presentaba su sistema de contención ha sido necesario realizar una serie de actuaciones para reemplazar el pretil del borde derecho, respecto al sentido de circulación del tráfico, con carácter de obras de emergencia.



Figura 1. Vista general una vez sustituido el pretil

2.- Descripción del Viaducto

El Viaducto de Ruitelan consta de nueve vanos, tiene una longitud total de 430.35 m entre juntas de estribos y el ancho del tablero es de 11.20 m. En este ancho, el tablero aloja dos zonas para los pretilos metálicos de 0.35 m en cada borde, un arcén interior de 1.00 m, dos carriles de 3.50 m cada uno y un arcén exterior de 2.50 m.

Las luces de los vanos son 27.00 - 29.00 - 28.70 - 66.00 - 120.00 - 66.00 - 28.70 - 29.00 - 27.00 m (fig. 2).

Corresponden estas luces con las de los Vanos del 1 al 9, numerados en sentido de los P.K. creciente (dirección Madrid hacia La Coruña), es decir que el estribo E1 se sitúa en el P.K. 423+677 y el Estribo E2 en el P.K. 424+118.

Los tres primeros vanos se reconstruyeron cuando se transformó la carretera N-VI, inicialmente de doble sentido, en una de las calzadas de la Autovía A-6, debido al cambio de trazado en planta en esa zona del puente original. El tablero de estos primeros tres vanos está constituido por dos vigas tipo artesa, prefabricadas y pretensadas, de 1.30 m de canto, separadas entre sí 5.60 m, y una losa hormigonada “in situ” sobre unas prelosas prefabricadas, con un canto total de 0.25 m.

Los tres vanos centrales se corresponden con una solución de un tablero de sección tipo

cajón, conformado por dovelas de ancho 6.00 m y canto variable (2.00 m en centro de vano y 5.60 m sobre eje de pilas), que fue construido por el sistema de voladizos sucesivos. Los voladizos laterales tienen un canto mínimo de 0.20 m en el borde, donde apoya el pretil existente.

Originalmente el ancho de esta sección era de 10.00 m y fue ampliado en ambos bordes del tablero en 0.60 m para alcanzar el ancho de 11.20 m que requería la Autovía.

Finalmente los tres últimos vanos, 7 a 9, están constituidos por cuatro vigas artesas prefabricadas y pretensadas, de canto 1.60 m, separadas 2.03 m entre ejes, que se complementan con una losa “in situ” sobre prelosas prefabricadas, de canto variable con un mínimo de 0.20 m en el extremo del tablero.

También en este caso la losa del tablero fue ampliada en 0.60 m a cada lado para alcanzar el ancho necesario.

Las pilas correspondientes al vano central construido por voladizos sucesivos están empotradas en el tablero, mientras que el resto de apoyos se realiza mediante aparatos de neopreno zunchado.

Todas las pilas son de sección hueca, las P4 y P5, empotradas en el tablero, son de sección rectangular de 4.00 m en sentido longitudinal del puente y de 6.00 m en sentido transversal. Las pilas P3 y P6, son también de sección rectangular, pero distintas dimensiones (8.00 m por 3.00 m). Finalmente las pilas P1, P2, P7 y P8 son de sección octogonal, de 4.00 m en dirección transversal al puente y de 2.00 m en la longitudinal, y constan de un dintel en su coronación, tipo “martillo”.

Los Estribos son cerrados, el E1 (del Vano 1 – Lado Madrid) fue ampliado lateralmente cuando se amplió el tablero y el E2 (del Vano 9 – Lado A Coruña) fue nuevamente construido cuando se reconstruyeron los Vanos 7 a 9.

Existen juntas en la calzada en ambos estribos y entre los vanos 3 y 4, y 6 y 7.

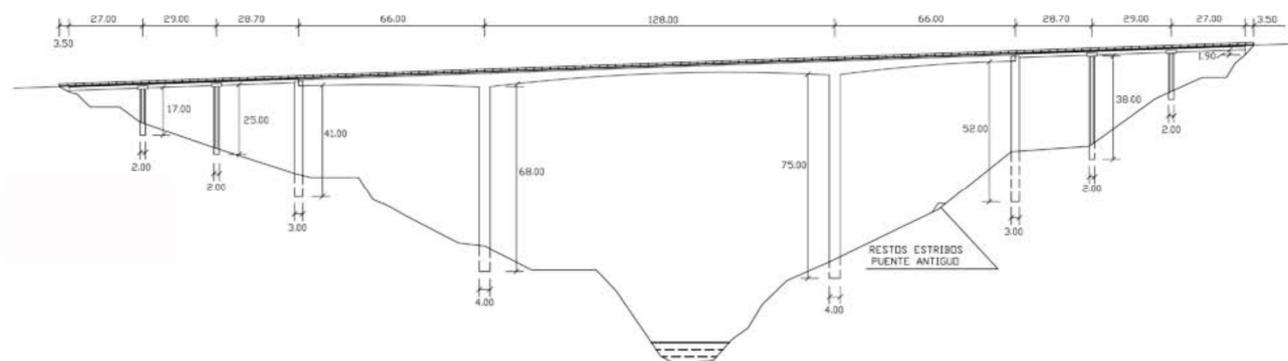


Figura 2. Alzado lateral del Viaducto de Ruitelan

3.- Estado de conservación del viaducto

El proyecto original del puente data de julio de 1977, y la ampliación del tablero del año 2002. Es decir que la estructura original tiene una antigüedad del orden de 40 años, y la ampliación de unos 15 años. Ambos proyectos fueron redactados por PROES.

Este Viaducto ha sido inspeccionado de forma detallada en varias ocasiones; la última inspección fue realizada en 2014 por PROES, y la anterior en el año 2009 por otra Consultora de Ingeniería especialista en estructuras.

Las inspecciones realizadas incluyeron la utilización de medios auxiliares, como una pasarela articulada sobre camión que permite acceder a la parte inferior del tablero, así como comprobar el estado de los apoyos en la coronación de las pilas (fig.3).

En cada una de estas ocasiones se realizó un levantamiento de patologías de los diversos elementos del puente, y se concluyó que, en principio, los daños no requerían una intervención inmediata. Pasado el tiempo, los pretiles han sufrido un agravamiento de su deterioro, básicamente por el ambiente agresivo en que se encuentran.

El Viaducto de Ruitelan está situado en una zona de la autovía en la que durante la época invernal existen muy bajas temperaturas, lo que obliga a la utilización de sales fundentes sobre la calzada para garantizar la circulación

del tráfico a través de esta importante vía de conexión de Madrid con Galicia (vialidad invernal).



Figura 3. Pasarela utilizada en la inspección de detalle

Estas sales son una fuente de afección y deterioro tanto de los elementos metálicos, como son los pretiles existentes, y también de los hormigones, como los del zuncho de anclaje de los pretiles, expuestos a su contacto. Además, la existencia de defectos en la impermeabilización y en el sistema de drenaje (sumideros) para la evacuación del agua que cae sobre el tablero, aceleraron los procesos de deterioro.

En este caso particular el borde derecho es el más afectado por estos daños debido al peralte de la calzada, que hace que sea este

borde del tablero el que recibe las aguas superficiales que caen sobre el pavimento.



Figura 4 Detalle de los deterioros

En una última inspección realizada en octubre de 2015 se comprobó que los deterioros del pretil del borde derecho del Viaducto (corrosiones tanto en los postes de la barrera como en sus anclajes) afectaban a algo más del 50% de la longitud total de los pretiles de ese lado de la estructura (fig.4), y debido a estas circunstancias se ha actuado desde el Ministerio de Fomento, a través de una obra de emergencia, para restituir las adecuadas condiciones del sistema de contención.

El resto de patologías, de menor importancia, detectadas en las inspecciones mencionadas, se han recogido en un proyecto de rehabilitación independiente de las obras incluidas en la emergencia, para ser atendidas en el futuro de forma ordinaria.

4.- Motivación de la actuación realizada

El estado de deterioro general del pretil, así como el mal estado de conservación localizado de algunas partes del mismo, han originado la necesidad de la intervención con carácter de emergencia, a fin de realizar las obras de sustitución del pretil a corto plazo, para restablecer unas condiciones adecuadas del sistema de contención en el Viaducto.

Por otra parte, de acuerdo con la normativa vigente, la intervención de sustitución del pretil requiere que el nuevo pretil a ser instalado cumpla con las condiciones del marcado CE. El cumplimiento de este requisito trae aparejado que no sólo el pretil cumpla con dicho marcado, sino que de acuerdo con la Orden Circular 35/2014 del Ministerio de Fomento [1], deba también adecuarse la estructura en la zona de empotramiento del pretil, para que la misma sea igual a las utilizadas en los ensayos del sistema de contención.

Este marco normativo, hace prácticamente inevitable la demolición y posterior reconstrucción del borde del tablero donde se fija el pretil, para permitir adecuar su geometría y armado a los contemplados en los ensayos de validación de los pretiles.



Figura 5. Vista del estado del borde derecho del tablero ampliado existente

En el caso particular de este Viaducto, debido al estado de deterioro de la zona de borde del tablero ampliada anteriormente (fig.5), se ha considerado necesario extender la reconstrucción del tablero a una zona más amplia que la estrictamente necesaria para la instalación del nuevo pretil con marcado CE.

4.1 Selección del pretil según normativa

La elección del pretil (barrera de seguridad dispuesta en bordes de tableros de puentes y obras de paso, coronaciones de muros y obras similares) a disponer en este

Viaducto se realiza de acuerdo con lo indicado en la O.C. 35/2014 [1] y el PG-3 [6].

Para ello se tiene en cuenta el tipo de riesgo de accidente (Muy grave, Grave o Normal) y el comportamiento ensayado de los pretiles (desplazamiento transversal caracterizado por la deflexión dinámica y la anchura de trabajo).

El riesgo de accidente se caracteriza por las características del vial (la Intensidad Media Diaria (IMD) de tráfico, o la IMD de vehículos pesados (IMD_p), la curvatura del trazado en planta del vial, la velocidad de proyecto, etc.) y del obstáculo que se salva (por ejemplo si cruza sobre un ferrocarril, río, o una carretera de IMD alta, la altura de caída, etc.).

La deflexión dinámica (D) es el máximo desplazamiento transversal producido durante el impacto de la cara del sistema más próxima al vehículo (fig.6).

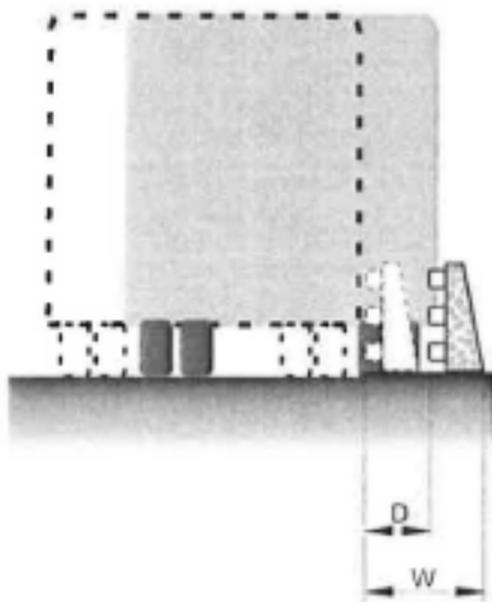


Figura 6. Deflexión dinámica (D) y Anchura trabajo (W)
(Fuente: OC 35/2014 Mº Fomento)

La anchura de trabajo (W) es la distancia entre la cara más próxima al vehículo antes del impacto y la posición lateral más alejada que, durante el choque, alcanza cualquier parte esencial del conjunto del sistema de contención y el vehículo (fig.6).

En el caso del Viaducto de Ruitelan, de acuerdo con los datos de IMD y las características de este puente, se considera riesgo de accidente Muy Grave y se adopta un pretil tipo H3, cuya deflexión dinámica es de 0.60 m y anchura de trabajo es de 1.00 m, de acuerdo con las fichas del fabricante del pretil homologado utilizado en las obras.

4.1.1. Tipo de riesgo

La calificación de riesgo de accidente Muy Grave se realiza a partir de que este Viaducto posee las características requeridas por la OC 35/2014 [1] en cuanto a que se trata de “Estructuras singulares, entendiendo como tales las que tienen luces superiores a 200 m, así como aquellas de menor longitud que salvan zonas singulares (grandes cursos de agua, embalses, valles de muy difícil acceso”); en concreto este Viaducto tiene una longitud de más de 400 metros y una altura sobre el terreno en su punto más alto de más de 70 m.

4.1.2. Nivel de contención

En cuanto al tráfico se refiere, de acuerdo con los datos de las dos estaciones más cercanas, facilitados por la Unidad de Carreteras del Estado en Lugo, las IMD e IMD_p son las siguientes (Tabla 1):

Tabla 1. IMD e IMD_p

Estación	P.K.	IMD Total	IMD Pesados
LE-220-3	428	3361	932
LE-221-2	412	3657	1054

Estos datos se han actualizado teniendo en cuenta el incremento de tráfico desde la fecha de toma de datos hasta el momento de la actuación.

El nivel de contención recomendado para la IMD_p resultante (< 2000) es H3.

El pretil del tipo H3 elegido, de acuerdo con la normativa UNE-EN 1317 [2] ha sido ensayado por el fabricante bajo dos situaciones diferentes de impacto, para obtener el marcado CE del mismo:

- Ensayo TB61: Un vehículo pesado no articulado, de 16000 kg de masa, impactando a una velocidad de 80 km/hora con un ángulo de impacto de 20° (fig. 7).



Figura 7. Ensayos TB61
(Fuente: Industrias Duero - ASEBAL)

- Ensayo TB11: Un vehículo ligero, de 900 kg de masa, impactando a una velocidad de 100 km/hora, también con un ángulo de impacto de 20° (fig. 8).



Figura 8. Ensayos TB11
(Fuente: Industrias Duero - ASEBAL)

4.2 Condiciones a cumplir por el pretil

El pretil debe cumplir dos condiciones:

- Índice de severidad de impacto, que puede ser A, B o C, según los valores de los indicadores ASI Y THIV.
- Clase de anchura de trabajo (W1 a W8), en función de la anchura de trabajo (m).

En el caso del pretil elegido H3, el índice de severidad es B y la Clase de anchura de trabajo es W3 (< 1.00 m).

La deflexión dinámica, D, del pretil H3 resulta de 0.60 m; por este motivo se ha recreado el ancho del zuncho a 0.56 m, de forma que la distancia entre la cara del pretil del lado de la calzada (donde impactaría el vehículo) hasta el borde externo del tablero resulta de 0.63 m, superior a dicha D = 0.60 m.

En cuanto al índice de severidad, según la UNE-EN 1317 [2] está relacionado con dos indicadores que se calculan a partir de los resultados obtenidos en el ensayo de impacto con vehículo ligero (TB11); se trata del índice de severidad de la aceleración (ASI) y la velocidad teórica de impacto de la cabeza (THIV). Este índice de severidad se clasifica en tres clases, A, B y C, siendo la A la de menor severidad para los ocupantes del vehículo.

5.- Descripción de las obras proyectadas y ejecutadas

Las obras proyectadas y ejecutadas consistieron, básicamente, en la sustitución del pretil deteriorado por uno nuevo que tuviera el preceptivo marcado CE, y, para ello, fue necesario la demolición del voladizo existente y su reconstrucción con unas condiciones geométricas y resistentes adecuadas.

Debido al mal estado de la estructura en la zona ampliada hace varios años, se extendió la reparación hasta esa zona.

El nuevo pretil requería construir un zuncho de dimensiones algo mayores que el existente, por lo que se amplió el tablero en 0.21 m en el lado derecho, para obtener un zuncho de 0.56 m. En cuanto al canto del zuncho se requería que tuviera 0.41 m, para poder alojar correctamente en él las armaduras estandarizadas del zuncho y los refuerzos en los puntos de anclaje de los montantes del pretil, así como también los propios anclajes.

Los materiales empleados en la reconstrucción del tablero han sido hormigones tipo HA-35/B/20/IV+F de alta resistencia inicial con aditivos, mientras que los aceros para las armaduras pasivas han sido tipo B 500 S.

Las comprobaciones de comportamiento estructural se realizaron considerando la actual normativa IAP-11 [3] y EHE-08 [4].

En los vanos centrales (Vanos 4 a 6) los incrementos de carga vertical (tanto cargas permanentes como sobrecargas) son muy reducidos (inferiores al 5%) mientras que en el resto de vanos este aumento supera el 10%.

Para las comprobaciones frente a la carga accidental de impacto sobre el pretil, y de acuerdo con la IAP-11 [3], se han considerado las sollicitaciones aportadas por el fabricante del pretil con marcado CE (Ensayado según la normativa vigente UNE-EN 1317 [2] para obtener la certificación).

Se han considerado las acciones correspondientes al máximo esfuerzo cortante y el máximo momento flector producido por el impacto con una dirección de 20°, y los esfuerzos concomitantes con estos máximos.

Realizadas las comprobaciones, con los datos disponibles, se concluyó que la estructura cumple con la seguridad preceptiva.

Por otra parte debido a que existen tres zonas de distinta tipología de tablero, resultó necesario definir una actuación de carácter general que después se particularizó para las características de cada una de ellas.

Las obras proyectadas incluyen el fresado del pavimento existente, la hidrodemolición parcial de la cara superior del tablero, la retirada del pretil, el corte del zuncho del pretil en “módulos”, el anclaje de las armaduras de la cara inferior, el encofrado, mediante carro auxiliar, la colocación de las armaduras de la cara superior del tablero y del zuncho a reconstruir, el hormigonado de la zona a reconstruir, la colocación del nuevo pretil y la instalación y ejecución de acabados (sumideros,

impermeabilización, pavimentación y juntas de dilatación).

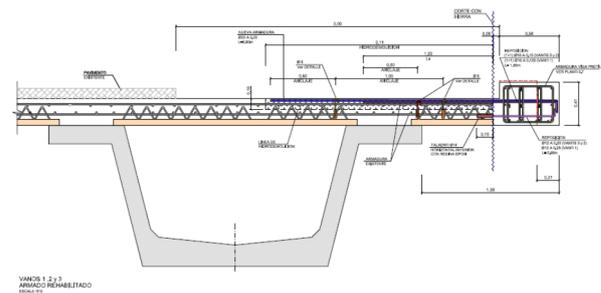


Figura 9. Sección tipo actuaciones vanos 1 a 3

La particularización más importante es la definición de la zona a ser hidrodemolida. En el caso de la sección tipo de los Vanos 1 a 3, el ancho resultó de 2.11 m, y su profundidad de 0.10 m (fig. 9).

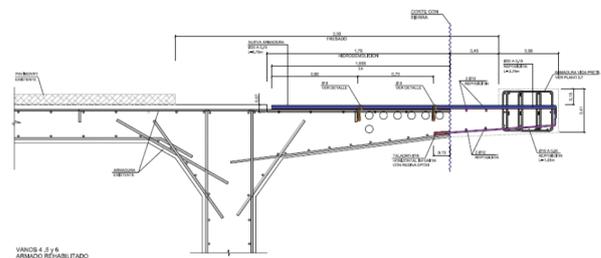


Figura 10. Sección tipo actuaciones vanos 4 a 5

En el de la sección tipo de los Vanos 4 a 6, el ancho resultó de 1.70 m, y su profundidad de 0.07 m (fig.10). La profundidad real resultó variable, ya que las diferentes calidades del hormigón a demoler y la existencia de las vainas cercanas a la zona hidrodemolida, no permitieron ajustarse al nivel teórico previsto.

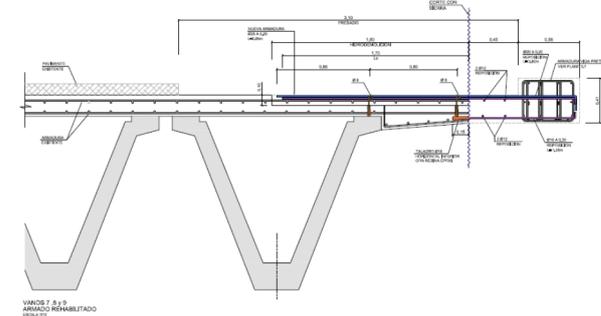


Figura 11. Sección tipo actuaciones vanos 6 a 9

Finalmente en el caso de la sección tipo de los Vanos 7 a 9, el ancho de la misma resultó de 1.80 m, y su profundidad de 0.10 m (fig. 11).

En cuanto a la barrera a disponer se trata de un pretil metálico que se fija al tablero en la zona del zuncho mediante unos anclajes que quedan embebidos en el mismo (fig. 12).

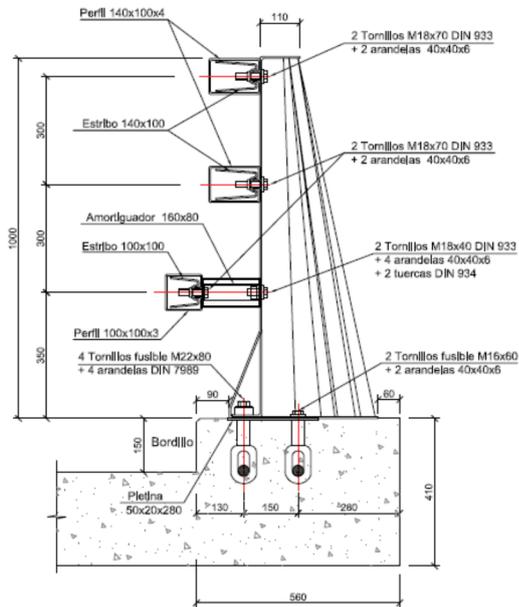


Figura 12. Sección tipo nuevo pretil con marcado CE

6.- Ejecución de las obras

Una vez realizados los desvíos de tráfico necesarios y haberse dispuesto los medios para garantizar la seguridad se iniciaron las obras comenzando por el fresado del firme existente en un ancho del orden de 3.00 m (fig. 13).

Las obras se realizaron por fases sucesivas lo que permitía simultanear trabajos diferentes en distintas zonas del puente.



Figura 13. Pavimento fresado e Hidrodemolición parcial del tablero

A continuación se realizó la hidrodemolición de la cara superior del tablero en una franja lateral de espesor y anchura diferente según la zona del tablero (vanos 1 – 3,

4 – 6 o 7 – 9), como ya se ha comentado (preservando el zuncho extremo de fijación del pretil actual). Para la hidrodemolición se empleó un robot que permitía controlar de forma más eficiente la profundidad de la demolición realizada (fig.14). A fin de evitar afecciones medioambientales el agua utilizada en estas tareas ha sido recogida y tratada antes de su vertido al cauce del arroyo Real.



Figura 14. Robot Hidrodemolición y Limpieza restos tablero hidrodemolido

Los residuos de esta hidrodemolición eran acopiados en el mismo tablero y retirados posteriormente.



Figuras 15. Armaduras existentes vistas

Este sistema de hidrodemolición dejó a la vista las armaduras de la cara superior, sin deteriorarlas, de forma de poder solapar con ellas las nuevas armaduras requeridas por el pretil con marcado CE (fig. 15).



Figuras 16. Detalle “maguitos” armaduras existentes

También quedaron a la vista los “manguitos” utilizados para solapar las armaduras utilizadas en las obras de ampliación del tablero realizadas en el año 2002 (fig.16).

Destacar que en los vanos construidos por voladizos sucesivos, la hidrodemolición dejó a la vista varias vainas del postesado (fig. 17), algunas de ellas con ciertos deterioros que, aunque no afectaban a los cables, fueron reparados realizando inyecciones de sellado con la finalidad de mejorar la durabilidad de la obra.



Figura 17. Detalle vainas postesado existentes vistas

Luego se realizaba el desmontaje del pretil existente y a continuación, con una máquina de corte radial se realizaba el corte del zuncho, situado en la zona extrema del tablero. Se ejecutaban primero unos cortes en dirección transversal al eje longitudinal del tablero, separados entre 3.50 y 4.00 m, y se colocaban un par de anclajes para fijar unas eslingas para retirar el “modulo” cortado.



Figura 18. Retirada de “módulos” cortados

Finalmente se realizaba un corte paralelo al borde del tablero para separar el “modulo” del resto del tablero, y retirarlo (fig.18).

En la cara lateral del borde del tablero cortado (fig. 19) se ejecutaron una serie de perforaciones para anclar mediante resina epoxi las barras correspondientes a la cara inferior del tablero reconstruido.



Figura 19. Vista después del corte con radial del zuncho

Posteriormente utilizando un carro de hormigonado (fig. 20) se montaba el encofrado de la cara inferior del tablero a reconstruir y el del lateral del zuncho de borde para fijación del pretil. Se dispusieron dos carros para trabajar en dos frentes simultáneamente.



Figura 20. Vista del posicionado del Carro

Posteriormente se montaban las armaduras del zuncho, junto con las placas y anclajes de los montantes del pretil, y las armaduras de la cara superior de la losa.



Figura 21. Vista hormigonado del tablero y del zuncho

Las nuevas armaduras de la cara superior se solapan con las armaduras existentes, y para impedir desplazamiento, se optó por disponer una serie de ganchos en forma de U, fijados mediante taladros y resina epoxi al tablero con una separación de 0.30 m.

Luego se realizaba el hormigonado conjunto del zuncho y tablero (figs. 21 y 22) y finalmente se instalaba el nuevo pretil (fig. 23).



Figura 22. Vista Inferior del tablero reconstruido

El pretil se fija mediante tuercas a los tornillos insertos (que actúan como fusibles en caso de impacto) en la placa de anclaje empotrada en el zuncho.



Figura 23. Vista del nuevo pretil instalado

Finalmente se ejecutaron unos zunchos para el empotramiento del pretil en las aletas de ambos estribos, rematando en ambos extremos el sistema de contención (Figura 24).

Completando las obras se instalaron sumideros y desagües, se impermeabilizó el tablero, se niveló la cara superior del tablero (Vanos 4 a 6) con una capa de hormigón ligero (con agregado tipo “arlita”), se realizó la

pavimentación, se restituyeron las marcas viales y se instalaron nuevas juntas en reposición retirados durante las obras.



Figura 24. Vista desde el Estribo Lado Galicia

Agradecimientos

Promotor:

U.C.E. Lugo- D.C.E Galicia Mº de Fomento.

Empresa Constructora:

COPASA

Proyecto Constructivo y A.T. a la D.O.:

PROES, Consultores S.A.

Referencias

- [1] Dirección General de Carreteras, Orden Circular 35/2014 Sobre criterios de aplicación de sistemas de contención de vehículos, Ministerio de Fomento.
- [2] UNE-EN 1317-1 y EN 1317-2 “Ensayos a escala real con diferentes tipologías de vehículos”, CTN 135 Equipamiento para la señalización vial, febrero 2011.
- [3] Dirección General de Carreteras, Instrucción de Acciones en Puentes de Carretera IAP-11, Ministerio de Fomento, Madrid, 2011.
- [4] Comisión Permanente del Hormigón, Instrucción de Hormigón Estructural EHE-2008, Ministerio de Fomento, Madrid, 2008.
- [5] ANDECE, Guía Específica de Marcado CE “Barreras y Pretils de Hormigón prefabricado como sistema de contención de carreteras”, marzo 2011.
- [6] Dirección General de Carreteras, Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de carreteras y Puentes (PG-3), Artículo 704 Barreras de Seguridad, Ministerio de Fomento.