

NUEVO PUENTE SOBRE EL RÍO BIDASOA ENDARLATSA

Javier MANTEROLA ARMISÉN

Dr. Ingeniero de Caminos

Carlos Fernandez Casado, S.L.

jmanterola@cfcsl.com

Javier MUÑOZ-ROJAS FERNÁNDEZ

Ingeniero de Caminos

Carlos Fernandez Casado, S.L.

jmrojas@cfcsl.com

Resumen:

El Nuevo Puente de Endarlatsa cruza el río Bidasoa en la confluencia de Navarra, Guipúzcoa y Francia, aguas arriba del actual puente al que tiene como misión sustituir. El puente tiene 190 m de longitud, entre el PK 1+514 y el PK1+604, estando formado por 10 luces de 15,00 m + 8x20 m + 15,00 m. Los cinco vanos centrales de 20 m de luz se apoyan sobre un arco parabólico de 100 m de luz flecha en clave de 10 m.

Palabras Clave: .

Arco metálico de tablero superior. Tablero mixto hormigón-acero. Abatimiento.

1. Introducción

1.1 1. Características básicas

El Nuevo Puente de Endarlatsa cruza el río Bidasoa en la confluencia de Navarra, Guipúzcoa y Francia, aguas arriba del actual puente al que tiene como misión sustituir. Este puente es una estructura muy correcta de hormigón armado de los años 40 ó 50 del siglo pasado, de cuidada ejecución, pero con unas características geométricas inadmisibles para servir adecuadamente al tráfico de hoy en día por doble motivo. Por un lado debido a que su trazado es normal al río, lo que obliga a giros muy bruscos a la carretera en ambas márgenes por las que discurre paralela al río. Por otro por su reducida anchura, con dos estrictos carriles de menos de 3.0 m con arcones casi inexistentes.

La gran intensidad de tráfico que circula por este puente, con una gran proporción de vehículos pesados, unida a las referidas deficiencias en su trazado, lo habían convertido en un punto crítico de la N-121-A. El primero de los motivos referidos anteriormente lleva casi de forma inevitable a descartar la ampliación de su plataforma como solución para mejorar la capacidad y seguridad de la carretera en ese tramo. Esto lleva y justifica que la solución a este problema pase por realizar una nueva obra de anchura y trazado adecuado, de forma que se complemente la mejora y la ampliación que se está abordando en la N-121-A en el conjunto de la carretera.

Una segunda y fundamental condición, que es el punto de partida para el diseño de la nueva obra, es que dado su emplazamiento en un entorno de gran valor el puente tiene que tener el mínimo contacto con el río, tanto durante la ejecución de las obras como una vez en servicio. Durante la ejecución, porque es importante proteger el ecosistema de la zona. En servicio, porque el puente tiene que producir la mínima alteración del curso del agua en época de avenidas.

Todo el esfuerzo de diseño ha estado dirigido a satisfacer estas condiciones.



Fig. 1

Desde el punto de vista del trazado en planta el nuevo puente cruza oblicuamente el río, desarrollándose desde el lado guipuzcoano en la mayor parte de su longitud en un tramo de carretera circular con gran radio (3500 m) que enlaza con otro tramo circular de radio más cerrado, 320 m, en el lado navarro por medio de una clotoide de 66 m de longitud. Transversalmente, ajustándose al trazado anterior, se proporciona bombeo es en la mayor del trazado, de valor constante del 2%, modificándose en la zona de la clotoide para conseguir en la curva circular un peralte del 7%.

El trazado en alzado del tramo del puente presenta en su mayor parte una pendiente del 2.5%, modificándose ligeramente en ambos extremos del puente por la proximidad de sendos acuerdos.

La anchura de la plataforma es claramente variable debido a que en todo el desarrollo del puente se sitúa un ensanchamiento progresivo de la calzada para habilitar, en sentido Navarra, un tercer carril para un ramal de salida que aparece inmediatamente al cruzar el río. Esto provoca que la anchura de la calzada varíe entre 11.85 m y 15.65 m.

1.2 Planteamiento de la solución

La decisión de adoptar un arco para el cruce del Bidasoa en este magnífico y simbólico emplazamiento río se vio facilitada por las buenas condiciones del terreno de cimentación – aunque como luego se comenta en la margen derecha la roca aflora a mayor profundidad de la inicialmente estimada- .

La luz resultante del cruce para evitar cualquier pila dentro del cauce que produzca perturbación de fondo y del ecosistema es de 100 m, y la altura de la rasante provoca que el rebajamiento del arco sea de 1/10, valor muy bajo pero que formalmente proporciona resultados más interesantes. La ausencia de cualquier apoyo, el canto del arco, apurado hasta 1,0 m, y la forma redondeada que presentan sus bordes y las pilas consigue reducir la superficie interpuesta al flujo del agua el obstáculo que se ofrece al paso del agua, ninguno para los caudales normales y creando sobrelevaciones mínimas frente a las grandes avenidas.

Desde el punto de vista de la configuración formal del puente se decidió elegir para la geometría del arco una planta curva que siguiera la marcada por la carretera, hecho absolutamente original y lo hemos hecho porque el puente queda mejor y porque puede resistir adecuadamente con esta disposición. En casos de trazado curvo como éste bastaría adoptar un arco recto –como habitualmente se hace- y acoplar la distribución de pilares al arco y al dintel, pero esto queda mal al no poder hacer coincidir siempre el eje del arco con el del tablero, y provocar por tanto un descentramiento entre ambos. Al hacer que el arco siga la geometría curva en planta del tablero, que es la geometría

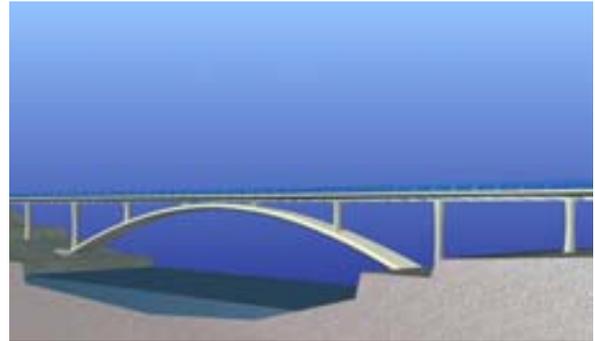


Fig. 2

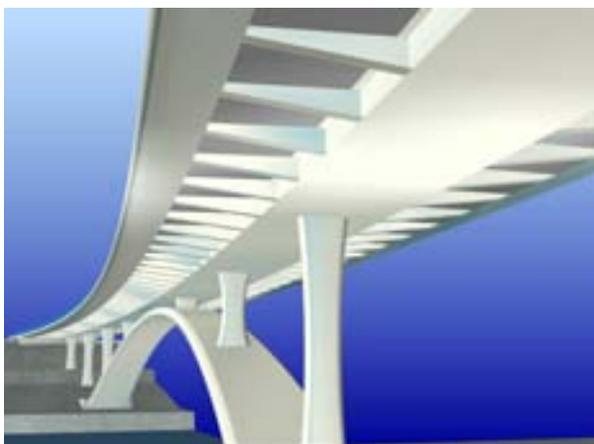


Fig. 3

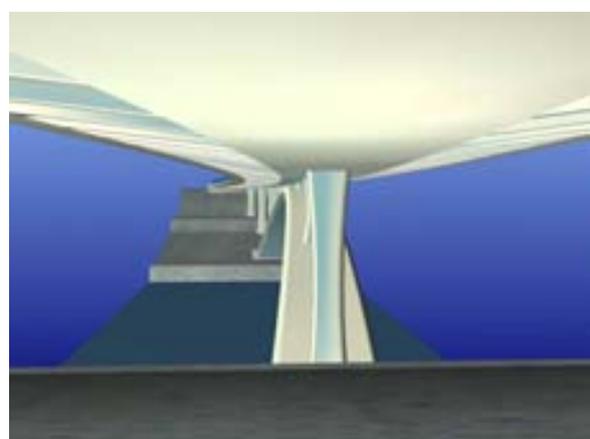


Fig. 4

de la carretera, se consigue que la sucesión de pilas verticales que se colocan en la orilla y sobre el arco lleven la secuencia, colocación y geometría continua gobernada por el trazado.

1.3 Descripción de la obra

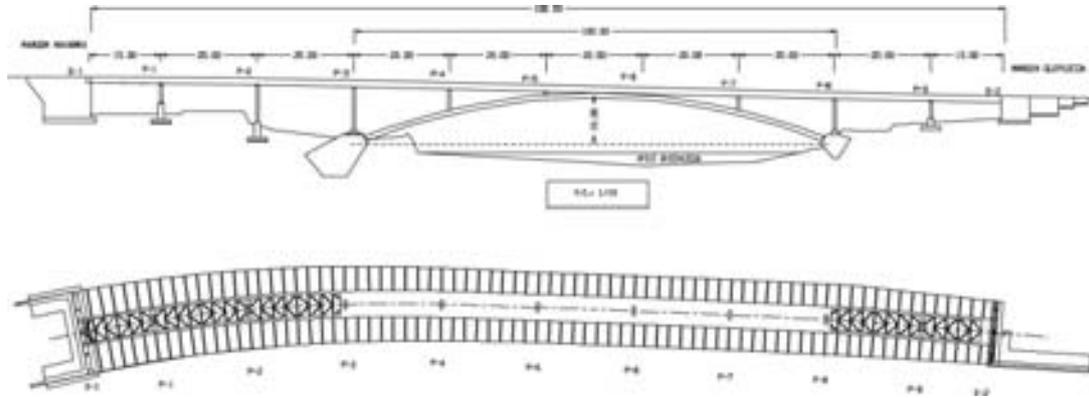


Fig. 5

El puente tiene 190 m de longitud, estando formado por 10 luces de 15,00 m + 8x20 m + 15,00 m. Los cinco vanos centrales de 20 m de luz se apoyan sobre un arco parabólico de 100 m de luz flecha en clave de 10 m.

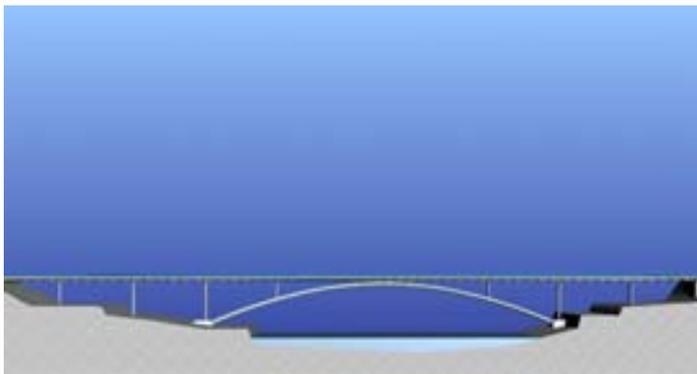


Fig. 6

El tablero está constituido por una viga cajón formada por una sección metálica en artesera con platabanda inferior de 5,0 m de anchura total, almas de 0,8 m de canto y pletinas sobre estas de 0,55 m. Sobre la sección metálica se disponen prelasas de hormigón que sirven de soporte a una losa armada de hormigón "in situ" de 0,2 m de espesor. Para completar la sección, el cajón se prolonga con vuelos laterales apoyados en costillas metálicas dispuestas cada 2,5 m con sección en doble T. La geometría de estas costillas se hace variable para axial poder configurar el ancho variable de la plataforma. Para liberar al arco de esfuerzos, el tablero sólo se fija a torsión y transversalmente en

las pilas situadas sobre los arranques del arco y en estribos. Dada las dimensiones tan reducidas de la sección del cajón, las deformaciones por torsión que se producirían en el tramo libre de 100 m serían importantes por lo que se rigidiza superiormente con una chapa superior completa conectada al hormigón.

La losa de hormigón se conecta a la sección metálica por medio de pernos conectadores situados sobre las pletinas superiores. De esta forma el comportamiento longitudinal del tablero se ajusta al de una clásica sección mixta construida sin apeos: sección metálica para resistir las cargas de peso propio de la propia y sección mixta para el resto de cargas introducidas una vez realizada la conexión.

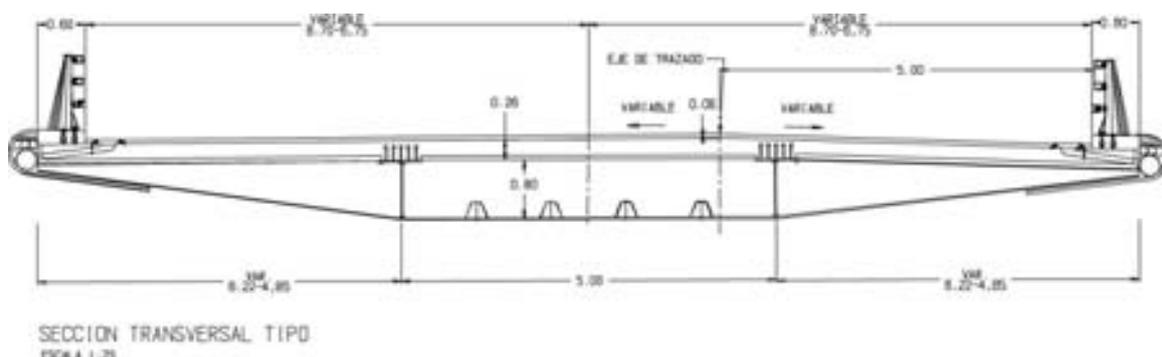


Fig. 7

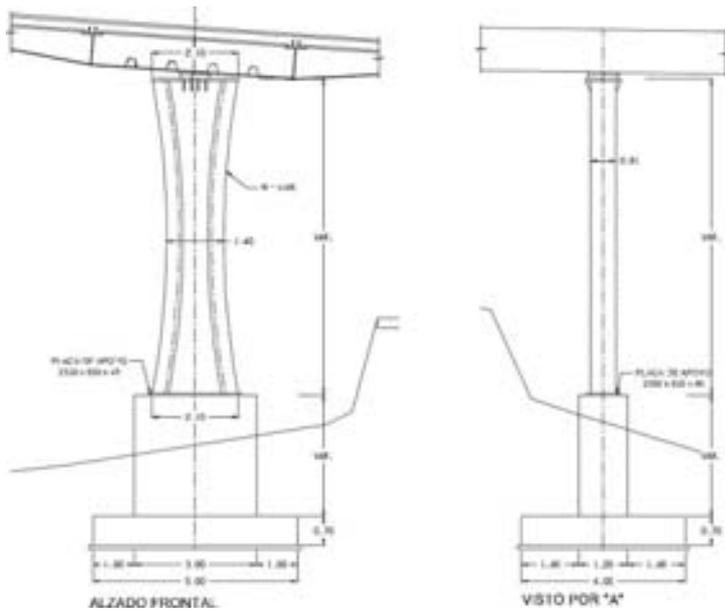


Fig. 8

El tablero se apoya sobre pilares pseudo-cilíndricos dispuestos cada 20 m. Sobre los pilares se sitúan apoyos únicos de neopreno o del tipo "pot" multidireccionales pues el dintel sólo tiene fijación a torsión y transversal en los pilares situados sobre los arranques del arco y en los estribos como se ha referido anteriormente. La sección transversal de los pilares está formada por dos tubos de 0,6 separados 1,4 m.

El arco está constituido por dos tubos de borde de 1,00 m de diámetro y 25 mm de espesor rellenos de hormigón sin retracción de alta resistencia HA-60. Para completar la sección del arco los dos tubos se unen con dos chapas tangentes horizontales en los bordes superior e inferior de 25 mm de espesor rigidizadas longitudinal y transversalmente. Por tanto el comportamiento del arco es también el de una sección mixta acero-hormigón. La anchura de su sección transversal es variable, con 3,00 m en

clave y 5,00 m en arranques. La geometría resultante de los tubos de borde, conjugando el trazado curvo en planta de su eje, y la referida anchura variable, se traduce en dos curvas diferentes para cada tubo de borde (con radios en planta aproximados de 2400 m y 820 m). Esta curvatura unida a la curvatura de la parábola de su alzado se traduce en una curva alabeada, cuya ejecución se realizará curvando los tubos en un taller metálico adecuado para esta operación.

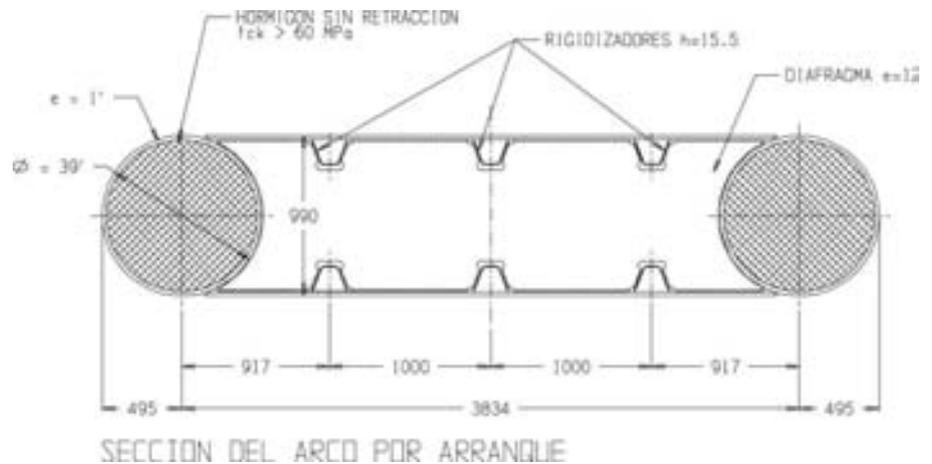


Fig. 9

El arco curvo en planta crea un problema resistente añadido: para conseguir la funicularidad de las cargas dentro de un arco espacial se necesita activar un doble mecanismo resistente. Por un lado el mecanismo resistente que podemos denominar en alzado, el clásico de los arcos que permite conducir las cargas verticales a los apoyos por medio del trabajo axial mediante una geometría (y rigidez) adecuada del arco. Por otro lado necesita disponer de una rigidez a flexión de eje vertical suficiente que permita encauzar estas compresiones en planta conforme el arco va girando. En el caso nuestro el problema no es excesivamente grave debido a su pequeña curvatura en planta, concentrada en la margen izquierda lado Navarra, y la necesidad de rigidez a flexión que debe tener el arco es pequeña, consiguiéndose esta fácilmente con la anchura dada al mismo.

Con esta disposición se consigue una sección resistente con una rigidez vertical y transversal adecuada, esta última claramente mayor en los arranques donde los esfuerzos son máximos, de manera que se controlan perfectamente los problemas de inestabilidad a los que son siempre tan sensibles estas configuraciones tan esbeltas.

Los estribos son obras normales fuera del alcance del agua, de hormigón armado. Sobre estos y sobre los pilares el dintel se apoya por medio de apoyos de neopreno armado.

Como equipamientos se disponen además juntas de dilatación en los extremos del dintel, las defensas longitudinales sobre impostas circulares en los bordes y el pavimento asfáltico. Igualmente en los bordes laterales se sitúan canaletas para recoger las aguas pluviales y/o los eventuales vertidos en la plataforma, y evitar así su caída directa al río en una zona tan sensible. El borde inferior del tablero se remata con un carenado metálico que oculta los extremos de las costillas y aporta un remate limpio y continuo a la obra.

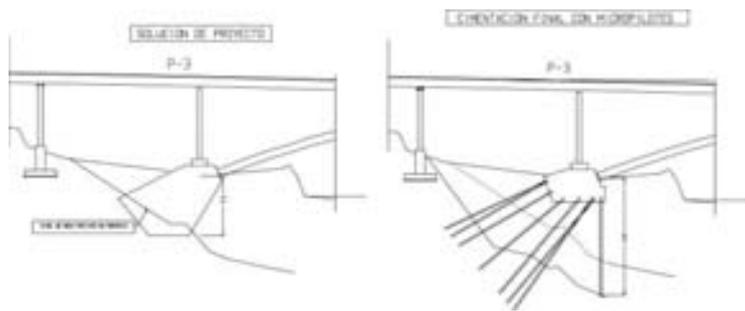


Fig. 10

Las cimentaciones se resuelven con apoyo directo sobre la roca granítica presente en la zona.

La cimentación en la margen derecha (lado Navarra) hubo que modificarla durante las obras pues el espesor de los rellenos hasta el nivel de roca era mayor del estimado en proyecto. La complicación que suponía realizar la excavación a este nivel llevó a solucionar esta cimentación con una alternativa ya propuesta en proyecto por medio de micropilotes de tubo metálico con inyecciones de relleno y mejora de la roca realizados con la técnica del tubo manguito. Para evitar la socavación del terreno que confina los micropilotes en la parte superior la cimentación de esta margen se rodea de una pantalla de micropilotes de protección.



Fig. 11

1.4 Proceso constructivo

El condicionante principal del proceso de construcción era la exigencia de no afectar en medida alguna el río. Por dicho motivo el proceso de montaje del arco se realiza abatiendo los semiarcos empleando como elemento de retenida tirantes anclados en ambos estribos. La secuencia de la operación es la siguiente:

Los semiarcos se fabrican en taller en dos segmentos que se unen en obra en posición vertical sobre articulaciones provisionales metálicas. Su posición es ligeramente vencida, considerando en esta situación el peso del semiarco más el de los cables, de manera que el centro de gravedad del semiarco supera la vertical de la rótula de giro. La estabilización se consigue por medio de una torreta auxiliar de unos 10 m que se dimensiona para garantizar la estabilidad del semiarco de 50 m hasta el momento de su abatimiento (cargas de viento, cargas iniciales en tirantes)

La rotura del equilibrio para iniciar el abatimiento se consigue actuando sobre pares de gatos colocados en la parte superior de la torreta. Los tirantes de retenida se anclan en un marco giratorio que lleva alojada en su interior la unidad hidráulica de retenida. El anclaje de los tirantes en los semiarcos se realiza en rótulas provisionales.

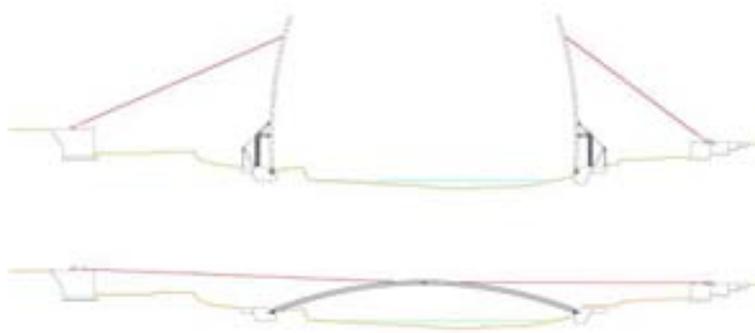


Fig. 12

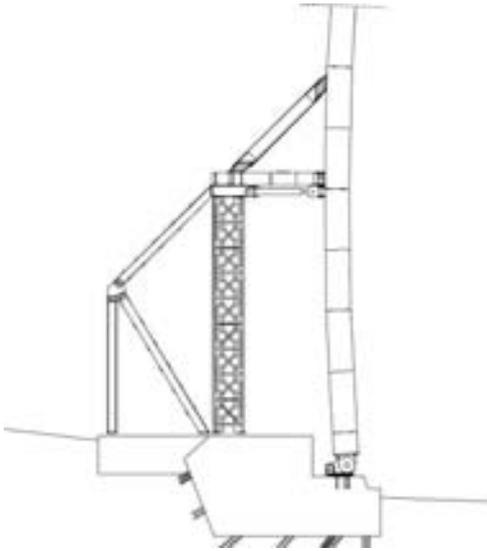


Fig. 13

el sistema de deslizamiento activado con gatos hidráulicos previsto en los arranques de los arcos. Este sistema permite desplazar longitudinalmente los semiarcos y proporcionar un giro de eje vertical

Una vez fijada la posición de cierre se procede al bloqueo de la clave y su posterior soldadura, al bloqueo de las articulaciones en arranque y al hormigonado del hueco dejado para estas en el estribo de apoyo del arco.

1.5 Cuadro resumen

Longitud total de la obra 190 m (15-20x8-15)

Dimensiones del arco

Luz 100. Flecha 1/10. Trazado parabólico. Planta curva

Canto 0.95 m. Anchura en arranques 3.80 m. Anchura en clave 2.00 m

Dimensiones del tablero

Luz máxima 20 m

Sección cajón mixta con vuelos sobre costillas. Anchura Var. 16.50 – 12.20

Canto 1.0 m. Cajón metálico 5.0x0.8. Losa hormigón sobre prelosa 25 cm

Mediciones

Acero estructural S355

Arco 256 T

Tablero 586 T

Pilas 40 T

Hormigón HA-40 en tablero 603 m³

Acero B-500 en tablero 181 T

Hormigón HA-60 en arco 137 m³

Hormigón HA-30 en cimentaciones y estribos 1080 m³

En las rótulas provisionales inferiores se dispone un sistema de control y corrección de los desplazamientos de las rótulas de giro del arco por medio de gatos hidráulicos. Actuando sobre estos se va progresivamente liberando cable para producir el abatimiento de los semiarcos hasta que se encuentren enfrentados en clave donde se bloquean con un empotramiento provisional atornillado.

Las correcciones en la posición del semiarco se consiguen por doble vía:

Los giros a torsión de la sección del arco se corrigen actuando sobre la carga en cada uno de los tirantes

La posición de cierre en sentido longitudinal se corrige actuando sobre



Fig. 14

FICHA TÉCNICA

Promotor:

DIPUTACION FORAL DE GUIPUZCOA: José María Sarasola; José Manuel Erauso

GOBIERNO DE NAVARRA: Cristina Presmanes

Proyecto:

SENER Jaime Borrego

CARLOS FERNÁNDEZ CASADO S.L (Puente sobre el Bidasoa)

Javier Manterola, Javier Muñoz-Rojas

Asistencia técnica a la dirección de obra:

SENER. Javier Gómez del Campo

CARLOS FERNÁNDEZ CASADO S.L (Puente sobre el Bidasoa)

Javier Manterola, Javier Muñoz-Rojas

Constructor:

CONSTRUCCIONES MARIEZCURRENA: Fernando Ampudia/Asier Gárate

URSSA: Fermín Ollora