

PUENTES DEL ENLACE DEL CADAGUA EN LA VARIANTE SUR METROPOLITANA DE BILBAO

Javier MANTEROLA ARMISÉN

Dr. Ingeniero de Caminos
Carlos Fernández Casado, S.L.
cfcs1@cfcs1.com

Jorge GONZÁLEZ ARANGUREN

Ingeniero de Caminos
Sacyr
jgonzalez@gruposyv.com

Miguel Ángel FRÍAS VILLAFRUELA

Ingeniero de Caminos
Idom
mfriasvi@idom.com

Miguel Angel GIL GINÉS

Ingeniero de Caminos
Carlos Fernández Casado, S.L.
magil@cfcs1.com

Fermín OLLORA MARCHENA

Ingeniero Industrial
Urssa
follora@urssa.es

RESUMEN

Se trata de tres puentes mixtos continuos de canto constante que forman el enlace de Cadagua con luces entre sesenta y ciento veintisiete metros. El primero y el segundo están formados por el tronco y un ramal de enlace con radios de cuarenta y ochenta metros. El tercero es un ramal de enlace de ciento cincuenta metros de radio y diecisiete metros de ancho.

PALABRAS CLAVE: Cajón mixto, empujado, ripado transversal, atirantamiento provisional.

1. Planteamiento

La variante Sur Metropolitana de Bilbao tiene un enlace en el cruce con el río Cadagua donde además hay dos líneas de ferrocarril, la autovía a Balmaseda y dos carreteras locales. Este cruce se realiza entre dos túneles cercanos.

Este enlace se resuelve con tres puentes con dos ramales que se incorporan a los dos primeros. Por tanto hay un puente, el número 1, que lleva el tronco sentido Baracaldo al que se le incorpora un ramal, el puente 4, que viene del peaje. El puente 2 es el tronco sentido Bilbao al que se incorpora el ramal R2 que viene del mismo peaje. El puente 3 tiene doble circulación pues recoge los ramales de entrada y salida del tronco sentido Bilbao.

En el proyecto inicial había otro condicionante, el pasillo para el paso del AVE cercano al río. Este proyecto inicial se realizó con otra distribución de luces con una tipología de cajón de hormigón pretensado de canto variable construido por voladizos sucesivos.

Al adjudicarse el tramo había desaparecido el condicionante del AVE, se había reducido el plazo de construcción y se habían modificado las fronteras entre los distintos tramos por lo que el contratista solicitó un cambio de luces, tipología y proceso constructivo.

Este cambio se concretó en los siguientes puntos: puentes mixtos de canto constante contruidos mediante empuje del cajón metálico, reducción de las longitudes de los puentes moviendo los estribos para respetar las fronteras con los túneles adyacentes y reducción de luces. De esta forma se elaboró un nuevo proyecto totalmente nuevo puesto que habían cambiado las condiciones.



Figura 1. Vista general.

2. Descripción de los tableros

Todos los puentes son mixtos, cajón metálico y losa superior de hormigón, de cuatro metros y medio de canto total. El ancho de la sección del tronco es de trece metros y medio, el de los ramales nueve metros y el puente 3 de diecisiete metros. El radio en planta de los puentes que forman el tronco, puentes 1 y 2, es muy grande unos dos mil metros mientras que los ramales tienen curvatura variable con un mínimo de cuarenta metros de radio en el R2 y ochenta en el puente 4. El puente 3 tiene un radio constante de ciento cincuenta metros.

Todos los tableros tienen diafragmas transversales formados por marcos cada cinco metros y en uno de cada dos hay además dos puntales que triangulan la sección para hacerla indeformable en ese punto. Como son puentes curvos hay una triangulación superior formada por perfiles que sirve para el montaje y hormigonado en primera fase de la losa superior.

Todos los diafragmas sobre pilas están formados por mamparos de chapa rigidizada en la zona de los apoyos y con un hueco circular central que permite el paso. Los diafragmas de los estribos normalmente tienen la anchura total del tablero para poder separar los apoyos al máximo. Esto no es posible en uno de los lados del estribo 2 del puente 3 ya que este estribo está en el borde del terreno sobre la autovía.

En todos los tableros se coloca hormigón inferior en la zona de pilas con un espesor de hasta cincuenta centímetros en quince metros a cada lado de las pilas.

En todos los tableros se coloca una prelosa prefabricada de hormigón armado con nervios de celosía cada noventa centímetros. Esta prelosa es colaborante y tiene un espesor de siete centímetros y medio, el resto se hormigona in situ en tres fases hasta completar el espesor total de la losa.

El puente 1 tiene cuatro vanos entre ochenta y cien metros de luz y el puente 4 tiene cinco vanos (dos en común con el puente 1) entre sesenta y ciento cinco metros de luz. Entre el estribo 1 y la pila 1 el ancho total de la sección es de dieciocho metros y medio, entre la pila 1 y la pila 2 este ancho aumenta hasta más de veintidós metros y medio y poco después de la pila 2 el puente 4 se bifurca separándose completamente del tronco hasta hacerse perpendicular. El espesor total de la losa superior es de veintisiete centímetros y medio.



Figura 2. Puentes 1, 2 y 4

El puente 2 tiene cuatro vanos entre ochenta y ciento cinco metros de luz y el puente R2 tiene cuatro vanos (los dos últimos en común con el puente 2) entre cincuenta y noventa metros de luz. El ramal se incorpora al tronco unos cuarenta metros antes de la pila 2. En ese punto la anchura del tablero es de veinte metros que va disminuyendo hasta los dieciocho metros y medio que se alcanzan poco después de la pila 2 y a partir de este punto permanece constante. El espesor de la losa superior es de veintisiete centímetros y medio.

El puente 3 tiene tres vanos entre ochenta y cinco y ciento veintisiete metros de luz. El espesor de la losa superior es de treinta y dos centímetros y medio.

Los puentes 1 y 2 están formados por un cajón de acero de cuatro metros quince centímetros de canto con un ancho inferior de cinco metros y medio y almas ligeramente inclinadas dando un ancho superior de seis metros y medio.

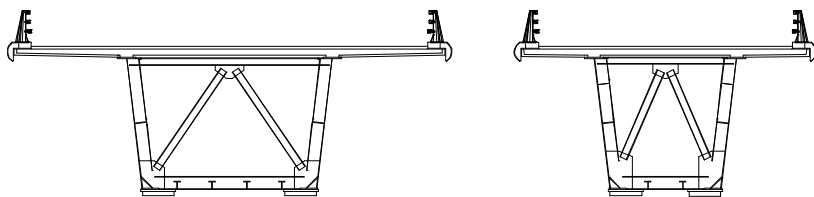


Figura 3. Sección transversal.

Los puentes 4 y R2 están formados por un cajón de acero de cuatro metros quince centímetros de canto con un ancho inferior de tres metros y medio y almas ligeramente inclinadas dando un ancho superior de cuatro metros y medio.

El puente 3 está formado por un cajón de acero de cuatro metros diecisiete centímetros de canto con un ancho inferior de siete metros veinte centímetros y almas ligeramente inclinadas dando un ancho superior de ocho metros setenta centímetros.

En todos los cajones hay rigidizadores longitudinales inferiores con una separación de un metro y uno o dos rigidizadores longitudinales en las almas. En los puentes que se empujan, que son el 1 y el 2, se dispone además una célula triangular inferior a treinta y siete centímetros del alma que forma parte del patín por el que desliza el tablero. En esta zona se dispone de una chapa de sesenta centímetros de ancho en cada alma que materializa el camino de deslizamiento. Normalmente el espesor de esta chapa es superior a la inferior del cajón.



Figura 4. Cajón pequeño.

3. Pilas y cimentación

Todas las pilas de los puentes son de hormigón armado y tienen alturas muy variables entre quince y cuarenta y cinco metros. La sección transversal de la pila es un hexágono con dimensiones de tres metros y medio en sentido longitudinal y seis u ocho en sentido transversal.

Hay dos tipos de pilas según tengan un cajón o dos. En las pilas sencillas la cabeza es un ensanche del fuste para recoger los apoyos del cajón. En las pilas dobles del fuste se bifurcan dos

brazos que recogen cada uno de los cajones, entre los brazos se dispone de un tirante que impide su apertura.



Figura 5. Pilas dobles.

Los estribos son de hormigón armado con alturas variables entre seis y diez metros. Hay estribos especiales ya que tienen que recoger un tiro vertical como son el estribo del puente R2 y el estribo 2 del puente 3. El estribo del puente 4 tiene que recoger la componente horizontal transversal del tablero mediante un hueco superior donde se aloja un apéndice de la riostra.

Las cimentaciones son por medio de zapatas que dan una carga al terreno de medio Newton por milímetro cuadrado o bien por pilotes de un metro ochenta centímetros de diámetro y profundidades entre quince y veinte metros.

Para optimizar el espesor de las chapas se han realizado las siguientes actuaciones: disponer en el fondo del cajón de los tableros que se empujan, el 1 y 2, una chapa de sesenta centímetros junto a las almas con el espesor necesario en cada sección, dejando el resto de la chapa inferior con el espesor necesario para la situación de servicio; colocar una nariz metálica de veintitrés metros delante de la riostra de estribo para reducir el momento y la flecha en el máximo voladizo; hormigonar por fases la losa superior de hormigón para contar lo antes posible con el cajón cerrado en la zona de pilas.

Para reducir el patín de empuje se ha contado con la célula inferior del cajón y para comprobar que bastaba este mecanismo y no se introducían tensiones locales grandes en el alma se realizó un modelo reducido con elementos lámina estudiando el comportamiento del alma con la célula encima del apoyo para el máximo voladizo.

4. Construcción

Los cajones de los puentes 1 y 2 se empujaron, parte de los tableros de los puentes R2 y 4 se trasladaron desde encima de los puentes 2 y 1 y el resto, así como el puente 3 se montó con grúa sobre apoyos provisionales. En el puente 3 además se sustituyó un apeo provisional por una torre

de atirantamiento. El proceso de empuje y construcción de los puentes se desarrolla en otras comunicaciones.



Figura 6. Construcción

Ficha técnica:

Promotor Diputación Foral de Vizcaya

Director de proyecto Rafael González Terán

Proyecto Carlos Fernández Casado S.L.

Javier Manterola Armisén

Dirección de obra UTE Hegoalde

Miguel Angel Frías

Contructor UTE Cadagua (Sacyr, Exbasa)

Jefe de obra Jorge González

Taller metálico Urssa y Ascamón

Empuje VSL