

**III CONGRESO DE ACHE DE
PUENTES Y ESTRUCTURAS**

LAS ESTRUCTURAS DEL SIGLO XXI
Sostenibilidad, innovación y retos del futuro



Realizaciones



**PUENTE SOBRE LA RIA DE SANTA LUCIA EN
URUGUAY**

Julio **MARTINEZ CALZON**¹

¹ Dr. Ing. de Caminos, Canales y Puertos. MC2 Estudio de Ingeniería

RESUMEN

Proyecto y construcción de un gran puente mixto, cerca de Montevideo (Uruguay), de tipología estructural en cajón estricto con doble acción mixta y sección transversal ampliada mediante jabalcones inclinados, dispuestos en ambos laterales del puente para alcanzar la anchura de 20 m requerida para la plataforma.

El proceso constructivo emplea el sistema Ábaco, con pilas de hormigón armado y pretensado, para llevar a cabo el empuje acompasado de la viga cajón metálica de canto constante en la que se incluye el hormigón de fondo de las zonas de las pilas tipo.

PALABRAS CLAVE

Hormigón de fondo; Sistema Ábaco; Cajón Estricto; Empuje acompasado; Jabalcones.

1. DESCRIPCIÓN

Situado a unos 20 km de Montevideo en la Ruta 1, sobre la ría de Santa Lucía, muy próximo a su desembocadura en el Río de la Plata, el puente construido fue la alternativa adoptada para sustituir a una versión previa, redactada por un equipo uruguayo, de tableros gemelos formados mediante celosías mixtas combinadas con zonas ciegas de alma llena para el tramo principal y vanos mixtos bijnávena de alma llena en los tramos de acceso, que había presentado el Consorcio adjudicatario del Concurso de Proyecto y Construcción del tramo de Autovía en el que se sitúa el puente.

Dicho proyecto inicial no fue bien acogido por la Dirección Nacional de Vialidad del MOPT del Uruguay, que consideró necesario plantear una nueva solución de mayor entidad técnica y estética.

Por esta razón el encargo planteado debía tener muy en consideración los antedichos factores de cualidad y dignidad estética, manteniendo la valoración económica prevista para la obra previamente presentada.

El proyecto fue realizado a principios del año 1999, iniciándose su construcción en las postrimerías de ese mismo año. Debido a la gran crisis económica sufrida por el Cono Sur americano las obras fueron interrumpidas en diversas ocasiones, y sus trabajos se ralentizaron de forma ostensible durante gran parte de la ejecución, finalizada en el año 2005.

Debe señalarse no obstante, que esta lentitud de las actividades permitió lograr una gran calidad en la realización de la obra, especialmente en los aspectos relativos a las cimentaciones profundas de las pilas principales situadas en la ría, en la estructura metálica y su lanzamiento, así como en la totalidad de los diversos tipos de elementos prefabricados incorporados en diferentes tajos.

Debe resaltarse el importante papel llevado a cabo por los ingenieros de la Dirección General de Vialidad D^a Marta Sollazzo y D. Ponciano Torrado; y muy en especial por el Ingeniero Jorge Kliche, como colaborador de la Asistencia Técnica a la Dirección de Obra llevada a cabo por el proyectista, firmante de esta ponencia.

La estructura mixta del puente se integra dentro de las tipologías denominadas genéricamente como Cajón Estricto y Sistema Ábaco, desarrolladas por el proyectista y destinadas fundamentalmente a aprovechar las favorables condiciones conjuntas de los sistemas cajón y doble viga, en el primer caso; y los procesos de empuje acompasado de piezas metálicas de canto constante para puentes de luces importantes y variadas, en el segundo.

El puente, con una longitud total de 776 m. entre ejes de apoyo en estribos, esta constituido por una única estructura continua formada por 13 vanos de luces: 48 – 56 x 3 – 72 – 88 – 72 – 56 x 5 y 48 m (fig 1). El vano principal de 88 m. se sitúa centrado sobre el canal de navegación con un gálibo de 18.50 m. sobre el nivel de referencia oficial del cauce.

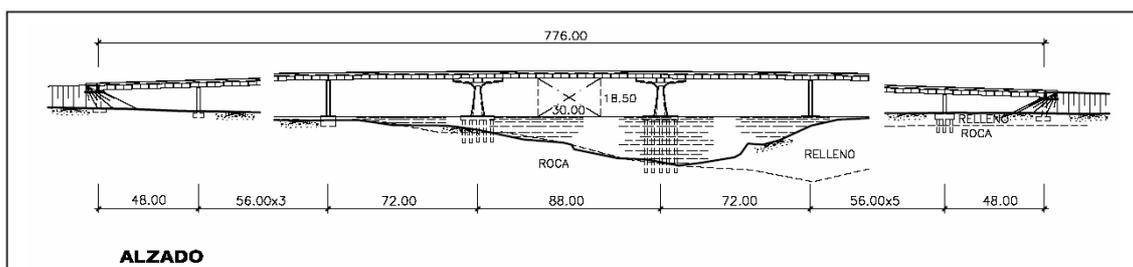


Figura 1

La longitud en metros de los vanos resulta múltiplo de 4, permitiendo una modulación muy rigurosa de todos sus elementos, de manera perfectamente adaptada a las características del conjunto.

Tablero (fig 2 y 3)

Viga continúa de sección trapezoidal con doble acción mixta en cajón estricto monocelular armado, completado con dos familias de jabalcones o tornapuntas laterales externos, para alcanzar el ancho de 19.80 m requerido para la losa del tablero, de espesor constante de 25 cm. Esta losa se conecta a una viga cajón semiabierto de acero resistente a la corrosión tipo CORTEN, de ancho superior entre ejes de almas inclinadas de 8 m. e inferior de 6.50 m., y con un canto total de 2.23 m. en el eje del puente, lo que determina esbelteces L/35 en el vano principal, L/29 en los adyacentes y L/22.5 en los vanos tipo.

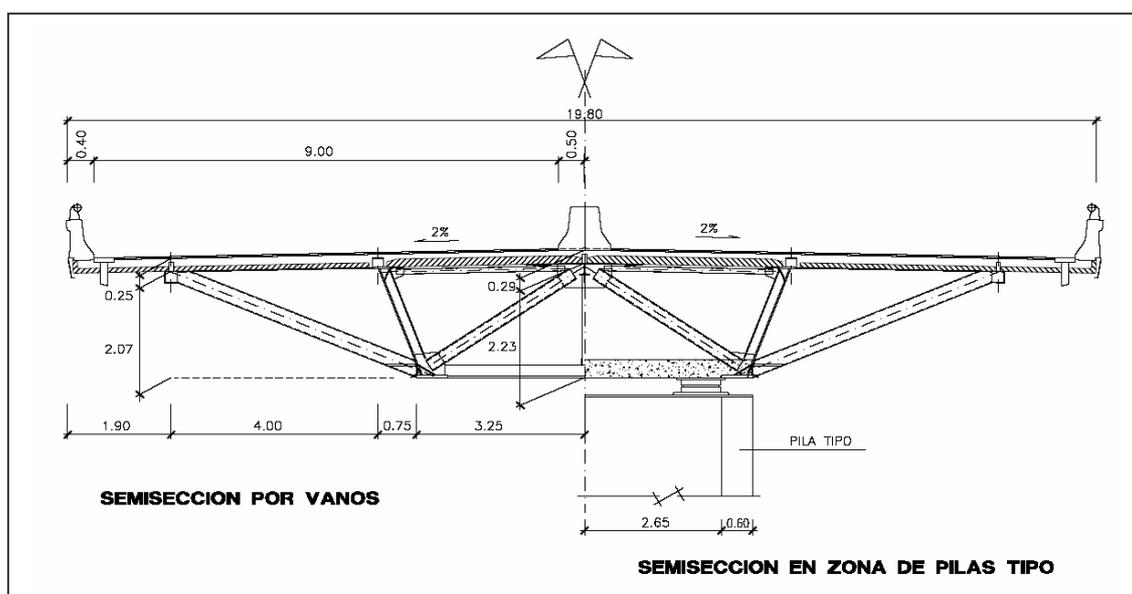


Figura 2

El apoyo transversal de la losa, constituida por placas prefabricadas y capa superior in situ, se efectúa en 5 puntos: dos exteriores, a 2 m. del borde sobre perfiles tubulares cuadrados sustentados por los jabalcones y celosías superiores externas; dos intermedios, sobre las platabandas superiores de la viga cajón y uno central sobre un perfil corrido conectado a la losa, dispuesto en el eje del tablero y apoyado cada 4 m. sobre los diafragmas transversales de celosía que, además, realizan la función antidistorsión de la sección cajón y

recogen las acciones de los jabalcones y bielas exteriores, moduladas con igual ritmo.



Figura 3

Bajo la losa, e integradas en el mismo espacio de las platabandas superiores del cajón, se sitúan las celosías longitudinales constituidas todas ellas por chapas planas: con disposición Warren en el caso de las celosías exteriores, que actúan como bielas a tracción que recogen la componente horizontal que equilibra a los jabalcones; y en cruz de San Andrés, en la zona interior del cajón. Todas ellas arriostran al sistema metálico abierto durante el proceso de lanzamiento, que incluye la totalidad del sistema metálico del puente.

En las zonas adyacentes a las pilas tipo, la viga cajón metálica se abre en su parte inferior, disponiéndose en esta zona losas de hormigón de fondo con espesor variable entre 35 cm. en el eje de la pila y 25 cm. a los extremos, situados a 12 m. a cada lado, eliminándose la chapa inferior en una longitud de 8 m. a cada lado de la pila; zonas en las cuales únicamente actúan las dos platabandas inferiores de 60 cm. de anchura, constante a lo largo del puente. En los 4 m. restantes, la chapa fina inferior central y el hormigón de fondo se superponen, permitiendo la perfecta transferencia de acciones y el trabajo de flexión con signos alternativos que se produce en dichas zonas.

Las secciones transversales de la viga cajón se completan en todas sus esquinas con células superiores e inferiores, que hacen que las secciones mixtas sean compactas en todos los casos, aprovechándose así muy favorablemente todo el material que las integra.

En las zonas de las pilas principales y sus brazos no se incluyen tampoco chapas centrales de fondo, estando el hueco cruzado únicamente por las barras inferiores de los diafragmas transversales. Hueco que, tras la unión definitiva entre viga cajón y pilas principales que mas adelante se describe, dará lugar a una sección de doble acción mixta especial monocelular cerrada, compuesta por almas parciales metálicas en la parte superior y de hormigón y fondo de hormigón en la inferior, perteneciente a las zonas en artesa (forma de U) de los brazos de las pilas.

Pilas principales (Fig. 4, 5 y 6)

Estas piezas de hormigón armado y pretensado, están constituidas por un fuste vertical, que correspondería a la pila propiamente dicha, y dos brazos horizontales que se extienden longitudinalmente 12 m. hacía ambos lados, arrancando desde el extremo superior de dicho fuste y en total continuidad formal y estructural con el mismo.

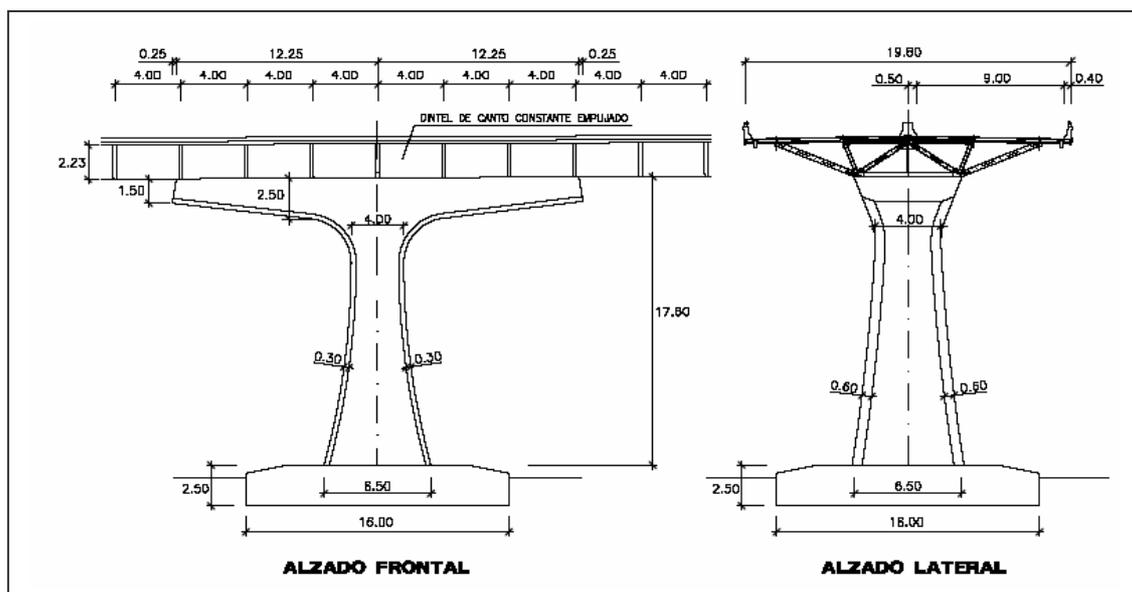


Figura 4

La pieza horizontal así formada recibe el citado nombre de “ábaco”, por su analogía de posición con las piezas existentes en las columnas de los órdenes clásicos griegos.

Estos brazos de sección en artesa se cierran frontalmente, y en los bordes superiores longitudinales su anchura se amplía apreciablemente para permitir

en su momento la conexión con las platabandas inferiores de la pieza metálica, y formar así un conjunto resistente único, como parte del dintel continuo del tablero, dando lugar estructuralmente a un pórtico espacial cerrado que funciona en total interacción con el sistema de pilotes que sustentan cada una de las pilas.



Figura 5

Durante la fase de ejecución por empuje, estas pilas de hormigón aisladas deben recibir en sus extremos las acciones de los apoyos de rodadura de la viga cajón. Por esta causa dicho dintel en artesa se pretensa adecuadamente aunque, una vez ejecutada la unión longitudinal antedicha, la aportación resistente del pretensado queda notablemente reducida.

El fuste de las pilas principales es de sección variable, prácticamente cuadrada. Sus esquinas están rematadas o cortadas por grandes biseles. El fuste varía de sección simultáneamente en ambas direcciones proporcionando a dicho fuste y su conexión con el ábaco, un gran efecto dinámico a pesar del carácter eminentemente estático de la pila.



Figura 6

La unión longitudinal entre vigas cajón y ábaco, una vez finalizado el lanzamiento de aquélla, se lleva a cabo mediante el relleno con grout de los alvéolos dejados en la parte superior del ábaco, los cuales albergan a los conectadores previamente posicionados en dichos alvéolos y unidos, posteriormente al empuje, mediante tornillos de alta resistencia al ala inferior de la viga cajón.

Pilas tipo (fig. 7)

Elementos prismáticos muy sencillos de sección rectangular hueca de 6.50 x 2.00 m, con biseles de sus esquinas idénticos a los definidos para las pilas principales.

En su parte superior la pila presenta un macizado apropiado para permitir el adecuado funcionamiento de los sistemas de apoyo.

Durante la fase de rodadura, las pilas se dotaron de elementos auxiliares de extensión lateral, para situar apropiadamente los apoyos provisionales de rodadura, permitiendo a la vez ubicar los definitivos, sin necesidad de ningún tipo de trasladación de dichos elementos.



Figura 7

2. CIMENTACIÓN

Directas en las pilas P1 a P4 de la margen izquierda al situarse sobre un lecho rocoso. Mediante pilotes en el resto: \varnothing 1.50 m. en las pilas principales y en la P7 situadas en la ría y \varnothing 1.20 en el resto; en todos los casos con empotramiento en roca sana una vez transpasado el curso del agua, los depósitos de fango acumulados en parte de la zona de ría y en toda la margen derecha; y la zona de eventual esquistosidad de la roca de fondo.

La total interacción existente entre estructura y cimentaciones determinó, debido a la variabilidad de las condiciones del estrato de fangos y la profundidad a la que se podría hallar la roca sana, la necesidad de establecer un rango de valores de los parámetros que intervienen en la respuesta deformativo-resistente del sistema de cimentaciones, teniendo en cuenta la eventual posibilidad adicional de la socavación del lecho de fangos que daría lugar a mayores longitudes libres de los pilotes en el agua. Por todo ello, el sistema estructural global espacial fue analizado en cuatro hipótesis límites diferentes que recogían todo el espectro de posibilidades, definidas en un preciso informe geológico-geotécnico desarrollado por el ingeniero español **Alberto Bernal**.

Durante la ejecución de los pilotes, se constató que la disposición real se situaba en la parte intermedia del entorno analizado, con márgenes suficientes para la eventual variación futura de las condiciones de interacción suelo-estructura, especialmente en lo referente a las acciones transversales de viento, en las que el reparto de reacciones entre las diversas pilas unidas por el tablero continuo resultan muy variables en función de la flexibilidad real de cada grupo de pilotes.

3. PROCESO CONSTRUCTIVO

El empuje acompasado de la totalidad recta del tablero se efectuó desde el estribo izquierdo, completándose mediante montaje convencional con grúas los dos vanos finales de la margen derecha situados en una clotoide en planta.

La longitud de los brazos del ábaco de las pilas principales hace que las luces libres, tanto los vanos tipo de 56 m. como los adyacentes al principal, $72 - 12 = 60$ m.; como del propio vano principal $88 - 2 \times 12 = 64$ m., sean semejantes y puedan ser perfectamente salvadas por una sección de canto constante ($h_s = 2,23$ m), deslizando sobre apoyos provisionales de rodadura situados en las pilas tipo y en los extremos de los brazos de las principales.

Dicho empuje se realizó incorporando en el parque de lanzamiento el hormigonado de los fondos de las pilas tipo, a excepción del de la pila P11, frontal en el lanzamiento, para no recargar el voladizo de avance durante la operación de empuje (fig. 8)

El hormigonado de fondo de las plantas P11 y P12 se efectuó una vez completado el empuje y la unión del tramo empujado con el colocado mediante grúas.

Al final del empuje, situada la pieza metálico-mixta en su posición definitiva, se procede al cambio secuencial de apoyos en las pilas tipo y al contacto y unión monolítica cajón-ábaco en las principales, completándose la operación de montaje.

La colocación de las placas prefabricadas del tablero (**Fig. 9**) se efectúa circulando los camiones sobre las placas centrales, de tipo macizo y 18 cm. de espesor, que montadas por delante de dichos camiones pero desde los

mismos, permiten el avance sucesivo y la colocación de las placas ligeras nervadas laterales, con sus alveolos corridos atravesados únicamente por armaduras que salvan la zona de conexión con los perfiles tubulares exteriores del apoyo.



Figura 8



Figura 9

Seguidamente se continúa con la colocación de las armaduras transversales y principales y el posterior hormigonado del tablero, en paso de peregrino: zonas centrales de vanos, seguidos de zonas intercaladas sobre pilas.



La ejecución se completa con la extensión del pavimento asfáltico, la colocación de las defensas laterales y medianas prefabricadas y la colocación final de la imposta correctiva, constituida por un perfil de chapa en acero CORTEN, parcial e internamente hormigonado para su conexión con la losa.



**JIII CONGRESO DE ACHE DE
PUENTES Y ESTRUCTURAS**

LAS ESTRUCTURAS DEL SIGLO XXI
Sostenibilidad, innovación y retos del futuro



Realizaciones



**DETALLE DE ALGUNAS ETAPAS CONSTRUCTIVAS
DEL NUEVO PUENTE SOBRE EL RÍO SANTA LUCÍA EN
MONTEVIDEO (URUGUAY)**

Jorge **KLICHE**¹

Julio **MARTINEZ CALZON**²

¹ Ingeniero Civil (Uruguay). Asistencia Dirección de Obra.

² Dr. Ing. de Caminos. Proyecto y Dirección de Obra. MC2 Estudio de Ingeniería.

RESUMEN

Se presentan aquí los aspectos constructivos más destacados del nuevo Puente sobre el Río Santa Lucía en Montevideo (Uruguay). El puente, con un tablero de 20 m de ancho y una longitud total de 776 m entre ejes de apoyos en estribos, está constituido por una única estructura continua formada por 13 vanos con luces variables entre 48 y 88 m. La realización del tablero con placas prefabricadas y hormigón colado in situ en segunda etapa, ha mostrado ser un proceso seguro y eficiente en el uso de los recursos, permitiendo a su vez un correcto acabado de las superficies vistas.

Debido a la geometría curva de la rasante y de la planta en uno de sus extremos, la estructura metálica fue empujada 682 m desde uno de los estribos, para acoplarse con los tramos correspondientes al estribo opuesto (92 m.) que son montados sobre apeos provisionarios.

Los encepados parcialmente sumergidos y las dos pilas principales en forma de ábaco, imprimen un alto contenido estético y permiten a su vez el empuje de una estructura de canto constante.

PALABRAS CLAVE

Encepados prefabricados; placas prefabricadas; hormigón sumergido; ábacos; empuje acompasado.

1. INTRODUCCIÓN

Durante la construcción del Nuevo Puente sobre el Río Santa Lucía se han presentado una serie de desafíos constructivos debido a las condiciones propias de implantación de la obra, a la tipología del puente, a sus características estéticas y a la escasa disponibilidad local de equipos especiales para la ejecución de este tipo de obras. El autor de la presente nota ha tenido a su cargo la Dirección de los Trabajos a pie de obra, en representación del Estudio MC-2, estando entre sus tareas específicas el ajuste y aprobación de los diferentes procedimientos constructivos utilizados.

A continuación se hará referencia a diferentes fases de la obra (de la meso y super estructura) con especial detalle de los procedimientos constructivos utilizados. Por motivos de extensión de la exposición no se incluyen las obras correspondientes a la infraestructura y los variados procedimientos de fundación utilizados.

2. EJECUCIÓN DE CABEZALES EN AGUA

2.1. El Proyecto y sus características geométricas

Por condicionantes de proyecto impuestas en el pliego licitatorio, los encepados de las pilas principales (de 16 metros de lado y 2.50 de altura) tienen su nivel inferior a 1.5 metros bajo el nivel de las aguas medias del río. La máxima variación diaria de los niveles del río (en condiciones normales) es de un metro respecto de su valor medio, por lo que fue preciso adoptar procedimientos que permitieran el trabajo bajo estas condiciones de marea.

2.2. Características de la solución adoptada

En función de lo anterior se resolvió proyectar un encofrado perdido de hormigón armado, el cual una vez estanco permitiera trabajar “en seco” dentro del mismo, logrando a su vez un correcto acabado de las caras externas del encepado.

Dado que la empresa contratista disponía solo de un equipo flotante para carga máxima de 80 toneladas, fue necesario prefabricar el encofrado perdido en “fajas”. (ver foto N°1)

El esquema estructural es el siguiente:

- las cargas verticales debidas al peso propio y al hormigón fresco se transmiten mediante vigas de descarga (también prefabricadas) a los pilotes ya construidos.
- las cargas verticales de flotación se transmiten a las camisas metálicas de los pilotes mediante una losa de hormigón armado sumergido.



Fotografía N°1 Colocación “fajas” encofrado perdido

Esta losa de hormigón armado sumergido, realizada en segunda etapa genera peso adicional para reducir los esfuerzos de flotación, distribuye por flexión las cargas a los pilotes y resuelve los problemas de estanqueidad de fondo, en especial en las zonas anulares en torno de las camisas metálicas de los pilotes.



Fotografía N° 2 Encepado previo a colocación de armadura

La transmisión de los esfuerzos verticales de levantamiento se realiza únicamente por adherencia entre el hormigón sumergido y el acero de la camisa metálica. Después de generar el recinto estanco, y previamente a la colocación de la armadura, se cortan las camisas metálicas y se desmochan los pilotes de hormigón armado. (ver foto N° 2)

3. EJECUCIÓN DE PILAS PRINCIPALES Y ÁBACOS

3.1. Características geométricas

Fuste de Pilas Principales

Son piezas huecas de hormigón armado de 6.80 x 6.50 m en su base y 4.50 y 3.20 m en su zona más estrecha. Su espesor de pared varía entre 0.35 y 1.0 m. Su forma exterior se genera como la intersección de cuatro cilindros perpendiculares dos a dos (con radio diferente y eje según las direcciones longitudinal y transversal del puente) rematados por un “bisel” de 0.60 m de lado. Su forma interior es un tronco de pirámide.

Ábacos

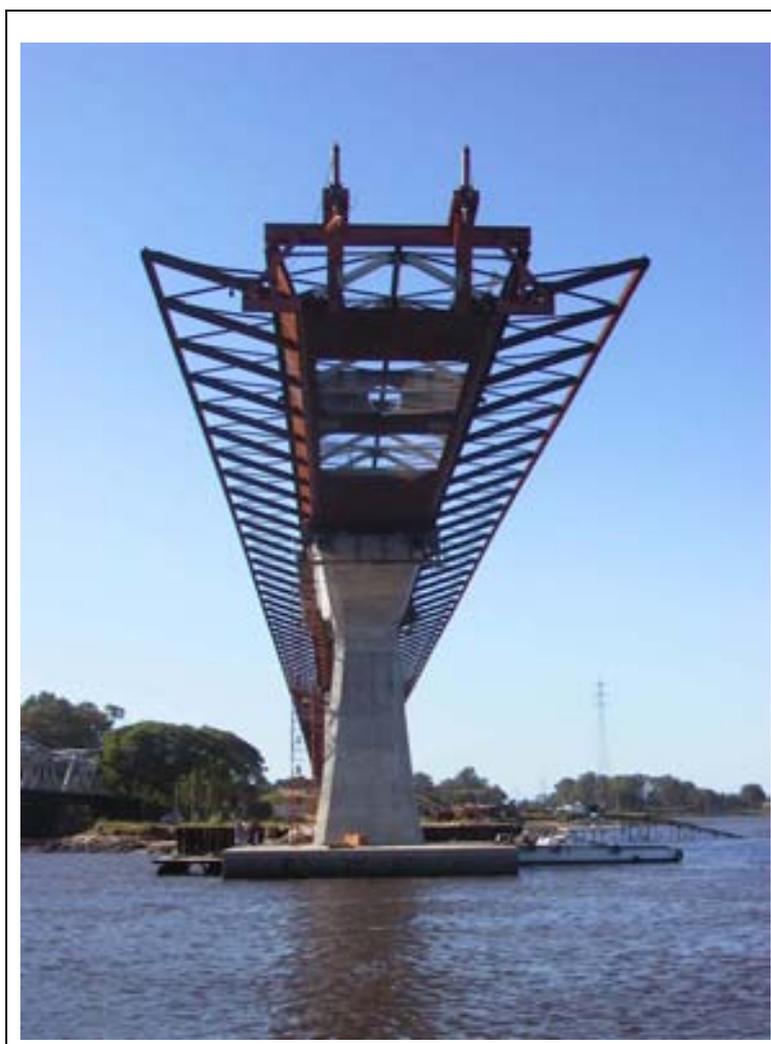


Foto Nº 3 Vista frontal del Ábaco (durante el Lanzamiento)

Las almas del ábaco son inclinadas y sus superficies laterales exteriores se sitúan como prolongación de las almas metálicas de la viga cajón. (ver foto N° 3). El ábaco, con una longitud total en su borde superior de 24.50 m, se remata frontalmente con dos tabiques de espesor variable y fuerte inclinación interior, para lograr la continuidad de acciones entre la zona de viga cajón y la zona compuesta ábaco-viga. Exteriormente las superficies de estos tabiques son normales a los bordes inferiores.

3.2. Hormigonado del fuste y de los ábacos

Dadas las características geométricas del fuste se resolvió utilizar un encofrado trepante con paneles ajustables en cada trepa. La caras exteriores de este encofrado son de generatriz cilíndrica y en cada trepa debe modificarse su ancho (mediante el retiro o colocación de fajas interiores) y corregirse su inclinación para mantener la tangencia con el tramo inferior. La cara interior del encofrado es plana y solo se modifica en su ancho mediante el retiro de fajas intermedias.



Fotografía N° 4 Pila Principal en Fase de Construcción

Para los ábacos se realizó un encofrado de tipo tradicional, premontado y ajustado en tierra. (ver fotografías 4,5 y 6)



Foto Nº 5 Pila Principal en Fase de Construcción



Foto Nº 6 Pilas principales finalizadas

3.3. Pretensado

Los ábacos trabajan estructuralmente en forma de doble ménsula y deben ser pretensados en dos fases debido al bajo peso propio inicial de estos elementos. La primera fase se realiza previo a su desapuntalado. La segunda fase, se realiza una vez que la viga cajón se encuentra en su posición definitiva y previamente a su conexión con el ábaco.

En cada ábaco se ubican 6 vainas de pretensado interior (4 de 27 torones y 2 de 15 torones de 15 mm) para el pretensado de primera fase, y 4 vainas de pretensado exterior para el pretensado de la segunda fase. (ver foto N° 7)



Fotografía N° 7 Pretensado ábacos y canal corrido para conectores

3.4. Detalle de dispositivos de conexión

El esquema estructural resistente del puente (en su dirección longitudinal) incluye la generación de un “marco rígido” formado por las dos pilas principales centrales y el tablero del puente que las une. Es por lo tanto una parte crítica del proyecto resolver adecuadamente la conexión definitiva ábaco-viga cajón

para generar el funcionamiento mixto de esa estructura resistente permitiendo a su vez el empuje de una pieza de canto constante y fondo plano sin generar interferencias.

Esta situación ha sido resuelta mediante la creación de un canal o hueco corrido sobre los ábacos, en donde luego se insertan (por debajo de la viga cajón) los conectores metálicos previos al descenso del puente sobre sus apoyos definitivos. Los conectores metálicos están separados 0.22 m entre ejes y deben posicionarse entre los cercos metálicos dejados en espera en cada uno de los ábacos, que están distribuidos con igual módulo. (foto N° 7)

4. EL EMPUJE ACOMPASADO

4.1. Elementos auxiliares de empuje

En vista de los importantes esfuerzos necesarios para movilizar el puente, se proyectó un sistema de reacción que no generara flexiones en el estribo, llevando los empujes por descomposición de fuerzas tal como se indica en el croquis adjunto. La tracción vertical es soportada por la masa del estribo mientras que la compresión oblicua (y su componente horizontal) por la viga de fundación continua por donde se desliza la viga cajón metálica. (ver foto N° 8)

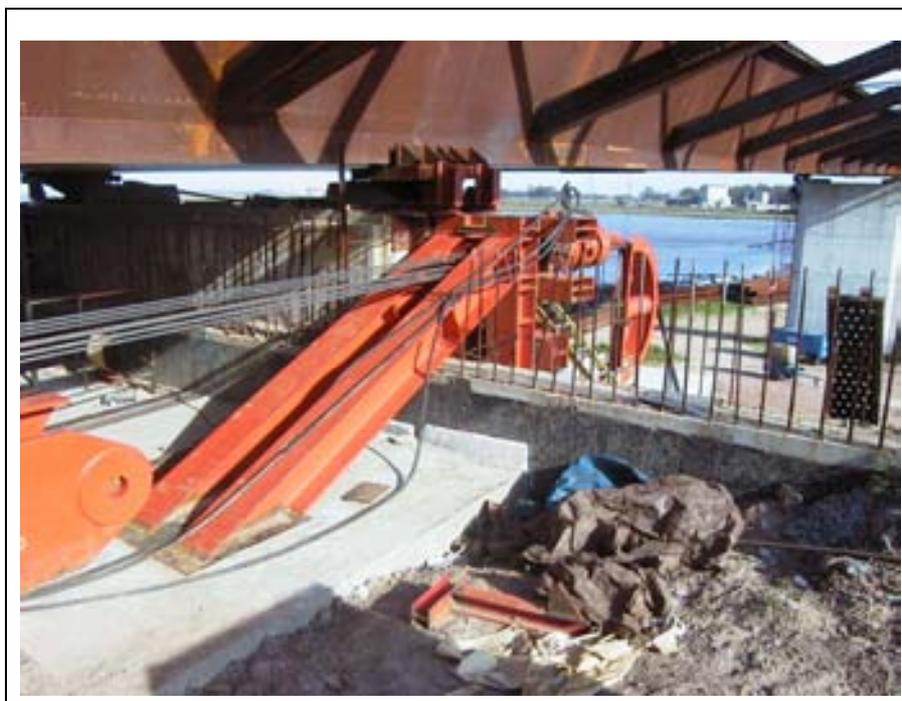


Foto N° 8 Sistema de tiro

4.2. Elementos de recuperación de flechas

El sistema de recuperación de flechas fue presentado por la empresa subcontratista como variante del sistema original de torre atirantada. Consiste en un sistema de dos gatos hidráulicos verticales que se ubican por delante de la estructura metálica a una altura tal que, al alcanzar una pila, se apoyan sobre ella y se extienden hasta recuperar la flecha. En esa posición, una estructura auxiliar se gira manualmente para generar otras líneas de apoyo deslizantes durante el pasaje sobre la pila. (ver foto N° 9)



Foto N ° 9 Recuperación de flechas

5. PREFABRICACIÓN DE DIFERENTES ELEMENTOS

La firma contratista resolvió que todos los elementos se prefabricaran a pie de obra y a tales efectos se montó una pequeña planta de prefabricación compuesta por cuatro mesas vibratorias fabricadas por la contratista a tales efectos.

5.1. Placas de tablero

La ejecución de las placas prefabricadas ha obligado a un importante control geométrico de cada una de ellas, sobre todo en las placas destinadas a las

zonas curvas del puente. El correcto posicionamiento de las armaduras en espera de cada uno de los lados y la secuencia de colocación deben ser tenidos en consideración no solo en la fabricación sino en la forma de acopio. (ver fotos 10, 11, y 12)



Foto N° 10 Inicio de la colocación de Placas Prefabricadas



Foto N° 11 Placas ya colocadas



Foto N° 12 Placas Premoldeadas (Vista Inferior)

5.2. Defensas centrales y laterales

Dentro del concepto general de prefabricar la mayor cantidad posible de elementos en obra, se resolvió prefabricar también las defensas. Dado que

estas defensas rígidas del puente trabajan solidariamente con el tablero, se optó por una solución de elementos prefabricados huecos.

En el tablero ya hormigonado quedan las armaduras en espera que “reciben” los elementos prefabricados. Después de ser colocados en posición y nivelados según la rasante teórica del puente se vierte interiormente el hormigón de conexión. Se logra así un buen acabado de las caras vistas y una correcta alineación de los diferentes elementos que conforman una de las partes más visibles del puente terminado. (foto N° 13 y 14)



Foto N° 13 Hormigonado Tablero



Foto N° 14 Defensas Huecas Prefabricadas

III CONGRESO DE ACHE DE PUENTES Y ESTRUCTURAS

LAS ESTRUCTURAS DEL SIGLO XXI
Sostenibilidad, innovación y retos del futuro



Realizaciones



PUENTE DE LA LÍNEA 9 DE METRO EN BARCELONA

Javier JORDÁN, Ricardo FERRAZ y Juan A. SOBRINO

Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

PEDELTA Ingeniería de estructuras www.pedelta.es