



EL PUENTE SOBRE LA BAHÍA DE CÁDIZ, CON LAS PILAS YA TERMINADAS, INICIA EL MONTAJE DEL TABLERO

El coloso se perfila

R. F. FOTO: D.C.E. ANDALUCÍA OCCIDENTAL

Las obras del nuevo acceso a Cádiz por autovía, futura alternativa de alta capacidad al actual puente José León de Carranza, prosiguen su curso. La actuación más singular es el puente sobre la bahía de Cádiz, una colosal obra de ingeniería cada vez más perfilada, con sus 34 pilas en tierra y mar ya ejecutadas y las dos torres

gigantes de atirantamiento casi concluidas, que ha iniciado la última fase de su construcción con el empuje desde el lado Cádiz de los primeros tramos del tablero sobre el que vehículos y tranvías circularán a casi 70 metros sobre la bahía. El Ministerio de Fomento trabaja con el objetivo de finalizar la obra el próximo año.

El nuevo acceso a Cádiz por la autovía CA-35 es una actuación del Ministerio de Fomento destinada a descargar la circulación que soportan las dos entradas actuales a la ciudad, el puente José León de Carranza (N-443) y el corredor desde San Fernando (CA-33), con la previsión de absorber un tráfico de 15.000-17.000 vehículos diarios, lo que evitará las actuales retenciones y ahorrará un tiempo considerable a los automovilistas. Como parte de este nuevo acceso se han ejecutado previamente dos actuaciones, el nuevo carril reversible en el puente José León de Carranza y la duplicación de la N-443, estando actualmente en ejecución la tercera y última actuación, con la que finalizará el nuevo esquema viario de acceso a Cádiz.

Esta tercera actuación, cuya inversión asciende a 316 M€, se desarrolla a lo largo de 5 kilómetros entre el enlace de Cádiz, en la barriada de la Paz, y el enlace del Río San Pedro, en el término de Puerto Real, salvando entre medias las aguas de la bahía gaditana mediante un puente. Se trata de una gran infraestructura, una de las mayores obras de ingeniería que actualmente se construyen en España, que cambiará la imagen de la bahía gaditana y los hábitos de los conductores. Se compone de cinco partes de tipologías muy dispares:

● **Enlace de Cádiz.** La única actuación del lado Cádiz, aún no iniciada, supondrá la remodelación de una intersección existente entre las avenidas de la Bahía y de las Cortes de Cádiz y las calles América y Huelva. Consistirá en una glorieta partida semaforizada, que prevé el cruce preferente desde el nuevo puente hacia la avenida de las Cortes de Cádiz, y que distribuirá el tráfico hacia el resto mediante regulación de semáforos.

● **Puente sobre la bahía.** Estructura singular de más de 3 kilómetros de longitud que en-

Las dos gigantescas torres de atirantamiento, una ejecutada en el agua y otra en tierra, han supuesto un reto constructivo

lazará Cádiz con Puerto Real sobre las aguas mediante cuatro tramos con características diferentes de pilas, tablero y ancho de plataforma, variable según el tramo entre 29 y 34,5 metros. Proyectada por el ingeniero Javier Manterola y bautizada popularmente como puente de La Pepa (en homenaje al nombre con el que se conoce a la Constitución de 1812, aprobada en Cádiz), esta estructura es un reto para la ingeniería civil y será con toda seguridad el futuro icono de la bahía gaditana. Se trata de la unidad más importante de la obra, requiriendo una inversión superior a 200 M€, el 78% de la inversión total.

● **Enlace de la Cabezuela.** Situado al final del puente, ya en el lado Puerto Real, consistirá en una rotonda a nivel inferior que permitirá los movimientos de salida y entrada a la zona industrial y residencial de los polígonos de La Cabezuela y Río San Pedro.

● **Viaducto del Río San Pedro.** Estructura de unos 800 metros de longitud sustentada sobre 17 pilas dispuestas entre dos estribos. El tablero, de 22,8 metros de ancho, alojará dos carriles por sentido de circulación.

● **Enlace de Río San Pedro.** Parte final del tramo, su misión es repartir el tráfico procedente de la autovía CA-35, permitiendo el acceso al puente José León de Carranza o al nuevo puente, así como todos los movimientos de salida y entrada a la zona residencial e industrial de Río San Pedro y La Cabezuela y a la locali-

dad de Puerto Real y el parque de Trocadero. Incluye dos estructuras de paso superior.

A mediados de 2007, una unión temporal de empresas comenzó las primeras obras de construcción del futuro acceso a Cádiz. Los trabajos se han concentrado desde entonces en la cimentación y la ejecución de pilas, tanto en tierra como en el mar, del puente sobre la bahía, que cada vez perfila más cómo será su aspecto final, así como en la construcción de las estructuras de la zona de Río San Pedro, quedando por ejecutar los enlaces de La Cabezuela y de Cádiz. Según datos del Ministerio de Fomento, el grado de ejecución de la obra ha superado ya el 77%.

A continuación se describen las actuaciones llevadas a cabo hasta la fecha en las principales partes de la obra:

Puente sobre la bahía

El viaducto sobre la bahía es la estructura principal de la obra, extendiéndose a lo largo de 3.092 metros sobre las aguas y el polígono industrial del muelle de La Cabezuela (Puerto Real). El tablero, con anchura variable entre 33 y 37 metros, tendrá capacidad para alojar dos calzadas para tráfico rodado con dos carriles por sentido y una plataforma tranviaria apta para albergar dos vías sobre placa.

El tablero se dispone entre dos estribos de hormigón armado y se asienta sobre 36 pilas de distinto tipo (palmera, diamante y pórtico), ejecutadas tanto en tierra como en el agua. Todas las cimentaciones

han sido profundas, llevándose a cabo mediante encepados sobre pilotes de unos 40 metros de longitud. En el lado mar, la ejecución de encepados y fustes de pilas (de la 3 a la 12) se ha realizado al abrigo de recintos metálicos estancos para trabajar en seco bajo el nivel de mar y con ayuda de medios marítimos, mientras que las excavaciones en tierra se han realizado por medio de recintos de tablestacas metálicas recuperables, ejecutadas a profundidades diferentes. Las dos torres de atirantamiento que sujetan parte del tablero han constituido por sí solas todo un reto constructivo.

El tablero del viaducto se divide, a su vez, en cuatro tramos muy diferentes, cada uno de ellos con su propio ritmo de ejecución. Sus características y estado de ejecución se detallan seguidamente:

◆ **Tramo de acceso a Cádiz.** Se trata de una estructura con tablero mixto hormigón-acero, de 581,3 metros de longitud repartidos en ocho vanos, con una pendiente del 5%, que arranca en un estribo cerrado al inicio del tramo, en el lado Cádiz, y se apoya en nueve pilas ubicadas dentro de la bahía (dos de ellas, la 1 y la 2, ejecutadas en una península artificial, las demás en el agua). La sección transversal tiene 3 metros de canto y ancho variable en los dos primeros vanos de 36,7 a 33,2 metros, siendo en el resto constante de 33,2 metros. La estructura metálica del tablero, fabricada en un taller de Asturias, se ha transportado por piezas a una península artificial en la orilla de Cádiz donde se encuentra el parque de empuje. Aquí las dovelas se van montando y soldando.

La colocación del tablero sobre las pilas se lleva a cabo mediante el sistema de lanzamiento o empuje –salvo el primer vano, izado con grúa–, consistente en construir la estructura en tierra y lanzarla en fases consecutivas desde uno

de los extremos, junto al estribo 1 del viaducto. De esta forma, una vez avanzado el primer vano sobre el mar y liberado el espacio que ocupaba, se soldarán en la península artificial las siguientes dovelas del nuevo vano, que es empujado nuevamente, y así de manera sucesiva la estructura avanzará en una longitud de 525 metros, hasta alcanzar el tramo contiguo desmontable. El peso total a empujar es de unas 11.300 toneladas, divididas en 9.100 toneladas de estructura metálica y el resto de losa de hormigón. El proceso de empuje es realizado por medio de gatos hidráulicos capaces de soportar una fuerza máxima de empuje de 1.100 toneladas y con ayuda de balancines con almohadillas de neopreno-teflón situados en las pilas sobre las que se deslizará el tablero, contando como medios auxiliares con cables de pretensado para realizar el tiro, un sistema de atirantamiento provisional para garantizar la seguridad de las operaciones y un sistema de freno.

Durante el proceso de lanzamiento se realiza un control topográfico de precisión por medio de antenas GPS dispuestas a lo largo del tablero, conectadas con un sistema informático que realiza lecturas cada segundo y que compara los resultados obtenidos con los datos de los cálculos teóricos, reportando incidencias en caso de que existan desviaciones. También se controlan las deformaciones en las cabezas de las pilas sobre las que el tablero se apoya para detectar si la fuerza de lanzamiento se distribuye equitativamente entre todas ellas.

El pasado 12 de septiembre el puente de la bahía entró en la parte final de su construcción con el empuje de los primeros 38,1 metros de tablero del tramo de acceso a Cádiz, operación que se desarrolló de forma satisfactoria. Sobre la península artificial, en el espacio dejado tras el empuje de

PRINCIPALES UNIDADES DE OBRA	
MOVIMIENTO DE TIERRAS	
Excavación	397.262,08 m ³
Terraplenes	975.026,71 m ³
Dragado general fondo marino	67.687,65 m ³
Columna de grava	128.442,40 m
FIRMES	
Ejecución de suelo estabilizado <i>in situ</i>	59.008,28 m ³
Suelo estabilizado con cemento	30.463,55 m ³
Mezclas bituminosas	84.119,63 t
ACEROS	
Acero pasivo	30.521.514,59 Kg
Acero activo	2.262.051,66 Kg
Acero para tirantes	2.329.462,00 Kg
Acero estructural	42.921.068,34 Kg
HORMIGONES	
Hormigones de distintos tipos	171.654,69 m ³
PILOTES	
Pilotes diámetros entre 1 y 2 m.	20.148,53 m
TABLESTACAS	
Tablestacas metálicas	12.955,03 m ³
ENCOFRADO Y CIMBRAS	
Encofrados	183.592,63 m ²
Cimbras	736.142,18 m ³
Prelosas y losas nervadas	69.613,04 m ²
Impermeabilización de tableros	140.532,79 m ²

la fase recién concluida, se ha iniciado ya el montaje de la segunda de las nueve fases de dovelas del tablero previstas en este tramo. En esta segunda fase se procederá al empuje de otros 40 metros de tablero.

◆ **Tramo desmontable.** Estructura de 150 metros de longitud consistente en un tablero desmontable bi-apoyado en las pilas 9 y 10, que permitirá el paso de embarcaciones construidas en los astilleros de Puerto Real que precisen un gálibo vertical superior a 69 metros. Este vano, que se puede desmontar por medio de grúas pórtico, tendrá una luz libre en horizontal de unos 140 metros y un gálibo vertical sin limitaciones. Fabricada en acero, la estructura tiene un canto variable (entre 3 y 8 metros) y losa ortótropa metálica de 33,2 metros de ancho. La sección transversal está constituida por un cajón central de 10 metros de ancho y dos voladizos laterales de 11,6 metros con canto variable.

Para el izado y ripado del

tablero, necesarios para las maniobras de montaje y desmontaje de la estructura, se situará en ambos extremos de la viga un sistema de doble ménsula metálica de sección cajón, bajo las que se dispondrán sendos aparatos de apoyo elastoméricos de neopreno ubicados sobre ménsulas cortas de hormigón armado que sobresaldrán de las pilas. No obstante, dadas las dimensiones del gálibo vertical superior del puente, este tramo desmontable –tipología finalmente elegida tras descartarse el proyecto original de puente basculante– sólo está previsto abrirlo en contadas ocasiones.

El puente desmontable, con un peso total de 4.400 toneladas, ya está terminado y se encuentra actualmente en la factoría de la empresa fabricante en Cádiz. Tan sólo resta transportarlo hasta la obra y colocarlo en su alojamiento definitivo, entre las pilas 9 y 10, lo que se hará una vez esté terminado el viaducto de acceso a Cádiz.

◆ **Tramo atirantado.** El que está llamado a ser el tramo más vistoso del puente será un tablero mixto hormigón-acero de 1.180 metros de longitud dividido en cinco vanos, con luces de 120 y 200 metros en los vanos de compensación y de 540 metros en el vano principal, lo que lo convierte en récord absoluto en España, con un gálibo máximo de 69 metros, uno de los mayores del mundo. Este vano se sitúa entre dos torres de atirantamiento de 183 y 186 metros de altura, de tipología de diamante, una construida en el mar (la pila 12) y otra en tierra (la 13), que lo sustentarán mediante 176 tirantes de acero activo, anclados en cada torre a un fuste superior de 47 metros de longitud formado por una sección mixta de cajones metálicos y hormigón armado en el exterior. El tablero, con ancho variable entre 33,2 y 34,3 metros, estará formado por un cajón central de 10 metros de ancho y dos voladizos de 12,15 metros en la zona más ancha.

El tablero se construirá a base de dovelas metálicas, de 20 metros de longitud –las de mayores dimensiones fabricadas en España– con un peso medio de 300 toneladas cada una. Actualmente se fabrican en tres talleres de Sevilla para su próximo transporte a la zona de obras, donde las diferentes piezas en que han sido divididas serán montadas y soldadas.

El procedimiento para construir el tablero, que probablemente será la operación más espectacular de la ejecución de todo el puente, y también una de las que más tiempo llevará, comenzará con el izado de las dovelas 0 de ambas torres, para lo cual se emplearán grúas de gran capacidad, y para el resto de las dovelas se usarán carros de izado diseñados y fabricados *ad hoc*. Una vez ancladas a las torres, mediante dispositivos definitivos y provisionales, se izarán las siguientes dovelas y se soldarán

Ampliación de tablero y dragado

El proyecto de obras complementarias para la adaptación y ampliación del tablero del puente, en una anchura de 3 a 5 metros, cuyo objeto es redistribuir los carriles de circulación e introducir una plataforma para el futuro tranvía metropolitano de la bahía de Cádiz (línea 2: Cádiz-Jerez por Puerto Real) ha supuesto un coste de 29 M€ que debía asumir la Junta de Andalucía. Por medio de un acuerdo alcanzado entre el Ministerio de Fomento y la Junta, que deberá ser refrendado próximamente en un convenio, el Gobierno central se hace cargo del gasto del tablero ampliado y la Administración autonómica

ejecutará el dragado del nuevo canal de navegación bajo el puente de la bahía de Cádiz, un compromiso original del Ministerio de Fomento con la empresa naval Navantia para evitar que la nueva infraestructura impida en el futuro el paso bajo la misma de buques de altura superior a 69 metros fabricados en el astillero de Puerto Real. Este dragado, con un coste estimado en 20 M€ se llevará a cabo a lo largo de un canal de 3.000 metros de longitud y entre 150 y 320 metros de anchura, que discurrirá bajo el tramo desmontable del puente, a profundidades de entre 8 y 11,5 metros.

a las anteriores hasta completar los primeros 55 metros de tablero, momento en que se anclarán y tensarán los tirantes correspondientes a este tramo de tablero. Sobre el mismo se acoplarán las prelosas y se hormigonará posteriormente. Este avance por voladizos sucesivos se repetirán para construir cada tramo de tablero.

El avance del montaje de las dovelas será progresivo por ambos lados de cada torre, para garantizar el equilibrio y la seguridad de la estructura, montándose de forma alternativa hacia puntos kilométricos crecientes y decrecientes a partir de cada torre. Está previsto emplear dos equipos de montaje, uno por cada torre de atirantamiento, cada uno de los cuales contará con dos carros de izado (un total de cuatro carros de izado) para montar alternativamente una dovela en cada lado de la torre. Cada paso del proceso constructivo se llevará a cabo de acuerdo a modelos de cálculo previos, que permitirán determinar en cada fase el estado de deformación y de tensiones en la estructura.

En la actualidad, las dos torres de atirantamiento están finalizadas, a falta de la instalación del mástil vertical metálico superior donde se anclarán los cables atirantados. Buena parte de la estructura del tablero se encuentra

en plena fabricación en los diferentes talleres, estando previsto en breve plazo el comienzo de las operaciones de montaje de los cajones metálicos de las torres y el montaje e izado de las primeras dovelas metálicas del tablero.

◆ **Tramo de acceso a Puerto Real.** El cuarto y último tramo del puente se desarrolla ya por completo en terrenos de Puerto Real en una longitud total de 1.180 metros y con sección de tablero de hormigón pretensado ejecutado *in situ*. Las pilas sobre las que se apoyará el tablero son del tipo pórtico debido al condicionante de la existencia de un vial en la zona de ubicación de las mismas perteneciente al polígono de La Cabezuela. Los vanos tienen luces entre ejes de apoyos que varían entre 32 y 75 metros.

En este tramo se distinguen tres partes: una primera contigua al tramo atirantado, de 616 metros de longitud, distribuidos en seis vanos, con tablero de sección transversal tricelular y anchura de 35,20 metros, que requerirá, dada la gran altura de las pilas, su ejecución *in situ* mediante cimbra porticada; un segundo tramo de transición, de 54 metros de longitud, con sección transversal del tablero similar al anterior y anchura variable del mismo entre 35,20 y 32,90 metros; y una parte final, de

512 metros distribuidos en 13 vanos, con sección de tablero de hormigón pretensado y anchura variable entre 32,90 y 36,90 metros, que se ejecutará *in situ* mediante cimbra cuajada.

Ya se ha iniciado la ejecución del tramo final del viaducto, habiéndose completado los dos últimos vanos (entre la pila 36 y el estribo). Actualmente se está encofrando el tercer vano (entre las pilas 35 y 36) y colocándose la cimentación de la cimbra en el cuarto (entre las pilas 34 y 35).

Viaducto del Río San Pedro

Situado a continuación del enlace de La Cabezuela, se trata de una estructura de 796 metros de longitud repartida en 18 vanos con luces variables entre 31,5 y 56,1 metros, compuesta por un tablero mixto hormigón-acero, con sección compuesta por dos cajones metálicos independientes conectados entre sí mediante una losa de hormigón de 22,8 metros de ancho sobre la que se coloca el pavimento asfáltico. El viaducto está enclavado en una zona de elevada actividad urbana e industrial, razón por la que su trazado combina tramos rectos y curvos.

Las 17 pilas sobre las que se apoya el tablero se han ejecutado con cimentación pro-

funda (pilotes y encepados), alcanzando alturas de hasta 14,5 metros. Los alzados son monofustes "en palmera", salvo las pilas 7 y 16, con alzados rectos. El montaje de los cajones metálicos del tablero se ha realizado mediante izado de dovelas con grúas.

En la actualidad, la estructura se encuentra ejecutada en un 95%, habiéndose completado la totalidad de los estribos, las pilas y el tablero mixto. Restan algunos remates, como pretilas laterales, aceras, barrera de seguridad, etc.

Enlace de Río San Pedro

Las dos estructuras que forman parte de este tramo, final de la obra del nuevo acceso a Cádiz, se encuentran terminadas y abiertas al tráfico. Se trata de dos estructuras con tablero de hormigón pretensado ejecutado *in situ* mediante cimbrado al suelo, que han requerido en la fase de cimentación de los estribos un tratamiento de precarga con mechas drenantes para acelerar la consolidación del terreno de asiento.

La primera estructura es un paso superior con una longitud total de 106,2 metros distribuidos en cuatro vanos. La tipología estructural adoptada es de tablero mediante losa postesada aligerada hormigonada *in situ*, de canto constante de 1,50 metros. El ancho del tablero oscila entre 11,70 y 16,80 metros, con cabida para dos carriles de 3,70 metros cada uno.

La segunda estructura es un paso superior compuesto por dos estructuras gemelas. Cada una tiene una longitud de 147 metros, distribuidos en 7 vanos. La tipología del tablero es una losa postesada maciza hormigonada *in situ* de 12,80 metros de ancho, con cabida para dos carriles. ■