

# **PUENTE SOBRE LA BAHÍA DE CÁDIZ 2008-2014**

El Puente de La Pepa es un puente, actualmente en construcción, que cruzará la bahía de Cádiz.

Será el segundo puente que lo haga, después del Puente Carranza, y uno de los puentes de mayor altura en Europa con un gálibo de 69 metros y 5 kilómetros de longitud total.

Será un puente atirantado con unas grandes torres: 187 metros la del mar y 181 metros la de tierra. Dará acceso a la ciudad de Cádiz desde el continente, en el término de Puerto Real, convirtiéndose en el tercer acceso a la ciudad, junto con el istmo a San Fernando y el citado Puente Carranza. Será un puente de gran capacidad de comunicaciones, con dos carriles de autovía por sentido y dos vías férreas, por las que transitará el Tranvía Metropolitano de la Bahía de Cádiz.

**CARLOS FERNANDEZ CASADO, S.L**

**OFICINA DE PROYECTOS**

## Puente sobre la bahía de Cádiz (2008-2014)



Fig. 7.14.1 Puente sobre la bahía de Cádiz

El acceso a Cádiz desde el puente de Carranza o desde la autovía del Sur producía la necesidad de atravesar toda la ciudad por la Av. de Andalucía hasta llegar al puerto y la ciudad vieja. El tráfico viario se congestionaba en dicha avenida, cuando se podía circular por el puente de José León Carranza, atascado a su vez por el excesivo

tráfico. Por esta razón las autoridades del Ministerio de Fomento quisieron cumplir la vieja pretensión de la ciudad de realizar un nuevo acceso que desde Puerto Real llegase a Cádiz de una manera directa, desembocando al otro lado de la Ciudad en la Av. de la Bahía, junto al puerto y la parte vieja de la ciudad.

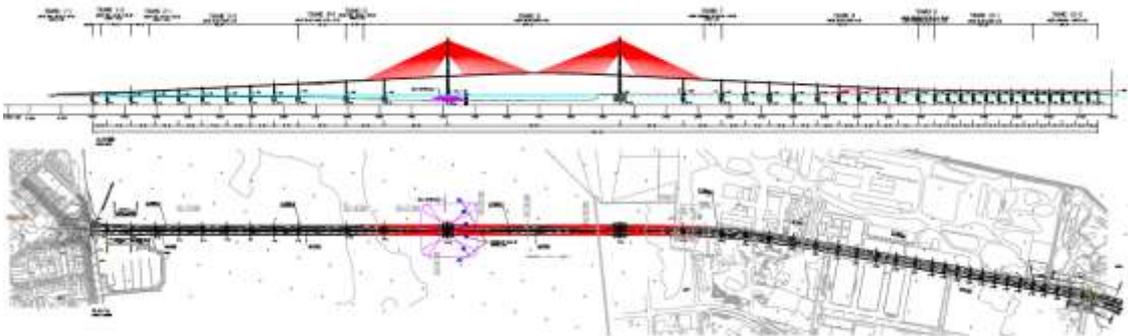


Fig. 7.14.2 Alzado y planta

El canal de Navegación de la bahía situado junto al muelle de la Cabezuela, Puerto Real, tiene 400 m. de anchura y 14 m. de profundidad, galibo que las autoridades portuarias extendieron hasta 540 m. para que no se ocupara la orilla del muelle de la Cabezuela y para facilitar las maniobras de los barcos. Una de las pilas, la del Muelle de la Cabezuela se mete 70 m. dentro del mismo para facilitar la operación de las grúas de servicio de carga y descarga. Desde el punto de vista del galibo vertical, las máximas pendientes compatibles con el tráfico viario y la

distancia a que el canal de navegación se encuentra de Cádiz hace que la calzada alcance la formidable cifra de 69 m., uno de los puentes más altos del mundo.

No obstante por insistencia de Navantia, situados en el interior de la Bahía, solicitaron un galibo vertical libre de 100 m. con un galibo horizontal de 140 m. para lo que fue necesario proyectar un puente móvil de 185 m. de luz y 245 m. de longitud. El mayor de España en su tipo. Con posterioridad este concepto se ha modificado por el de un tablero con posibilidad de ser

desmontado ante la necesidad de paso de un artefacto excepcional. Este tramo desmontable está formado por un

tablero simplemente apoyado de 150 m de luz. Fig. 7.14.5



Fig. 7.14.3 Torres principales

El puente, propiamente dicho, se puede dividir en cuatro tramos distintos dependiendo de sus diferentes características funcionales. Tramo Viaducto de acceso lado Cádiz, corresponde al acceso al tramo

principal, desde al lado Cádiz, longitud 570.0 m.

Tramo Desmontable Longitud 150 m. Tramo Puente principal, es el puente atirantado situado sobre el Canal de Navegación y sus compensaciones atirantadas. Longitud.1.180 m.

Tramo Viaducto de acceso lado Puertoreal, corresponde al acceso al tramo principal desde Puerto Real, longitud 1.182 m.  
La longitud total del puente es de 3.082 m. Es con mucha diferencia el mayor puente de España y uno de los mayores puentes del mundo.  
El tramo principal corresponde al puente situado sobre el canal de navegación y constituye la razón de ser última del puente. Proporcionar un

nuevo acceso a Cádiz, saltando sobre el canal de navegación, principal entrada al puerto, sin que se produzcan interrupciones del tráfico rodado, como pasa en el puente de Carranza que tiene que abrirse y cerrarse sucesivamente para permitir el tráfico de barcos, con la interrupción consiguiente del tráfico rodado. En este caso la interrupción sería mucho mayor dado que el tráfico de navíos es infinitamente mayor.

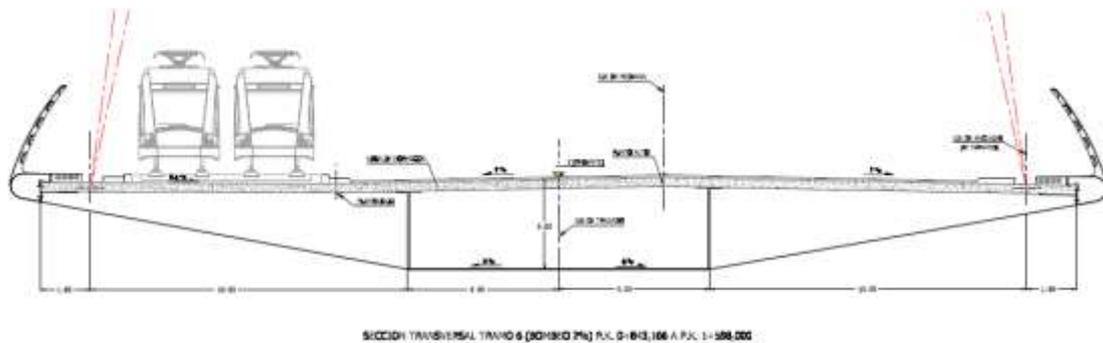


Fig. 7.14.4 Sección transversal

Razón ésta por la que el puente sobre la Bahía de Cádiz, con sus 69 m de galibo libre es uno de los más altos del mundo, probablemente el más alto del mundo. Mayor que todos los de Nueva York y San Francisco. Mayor que todos los europeos, los existentes en Portugal, Francia, Inglaterra y las grandes conexiones entre Suecia y Dinamarca, puente de Oresum y los que unen las islas de Dinamarca entre sí, Gran Belt y pequeño Belt.  
Esta misma razón y las condiciones de maniobrabilidad de los barcos a la entrada al puerto, es lo que ha determinado que la autoridad portuaria pida que se utilice una luz libre de obstáculos de 540 m. Petición que ha sido cumplida.  
La solución que la tecnología actual recomienda para un caso como este, es la utilización de un puente atirantado, que desde torres de 180 m de altura cuelgue por medio de 176 tirantes, los 540 m. del vano principal y los 320 m

de cada uno de los dos vanos de compensación.  
El dintel tiene 34,3 m. de anchura, correspondiente a cuatro carriles de circulación, dos en cada dirección de 3,5 m. de anchura, dos vías de tranvía y a los arcones, defensas, alojamiento de los tirantes y pantallas para proteger el tráfico del viento, necesarios para la perfecta funcionalidad del puente. Fig. 7.14.4  
La estructura de este dintel, debe ser ligera, aerodinámica y esbelta, por tanto de estructura mixta, acero y hormigón de 3,00 m de canto y bordes perfectamente perfilados.  
Su construcción se realizará por avance en voladizo, el dintel se divide en dovelas de 20,00 m. de longitud, que se montarán, en el Muelle de la Cabezuela y se llevarán por flotación hasta el puente, donde serán izadas por medio de carros-grúa móviles situados en la punta delantera de los voladizos.

Una vez izadas se procederá a su soldadura con el tramo ya construido y al atirantamiento desde la torre. Inmediatamente se procederá al armado y el hormigonado de la losa superior y retesado de los tirantes. Puente desmontable. La presencia de este puente responde a una petición de

Navantia para permitir el paso de barcos de más de 69 m. de altura, máximo posible a cruzar bajo el puente principal. Esta coyuntura es muy poco probable y se realizará pocas veces en la vida del puente dado que sólo en algún caso muy particular el barco no pasará bajo el puente fijo. Fig. 7.14.5.

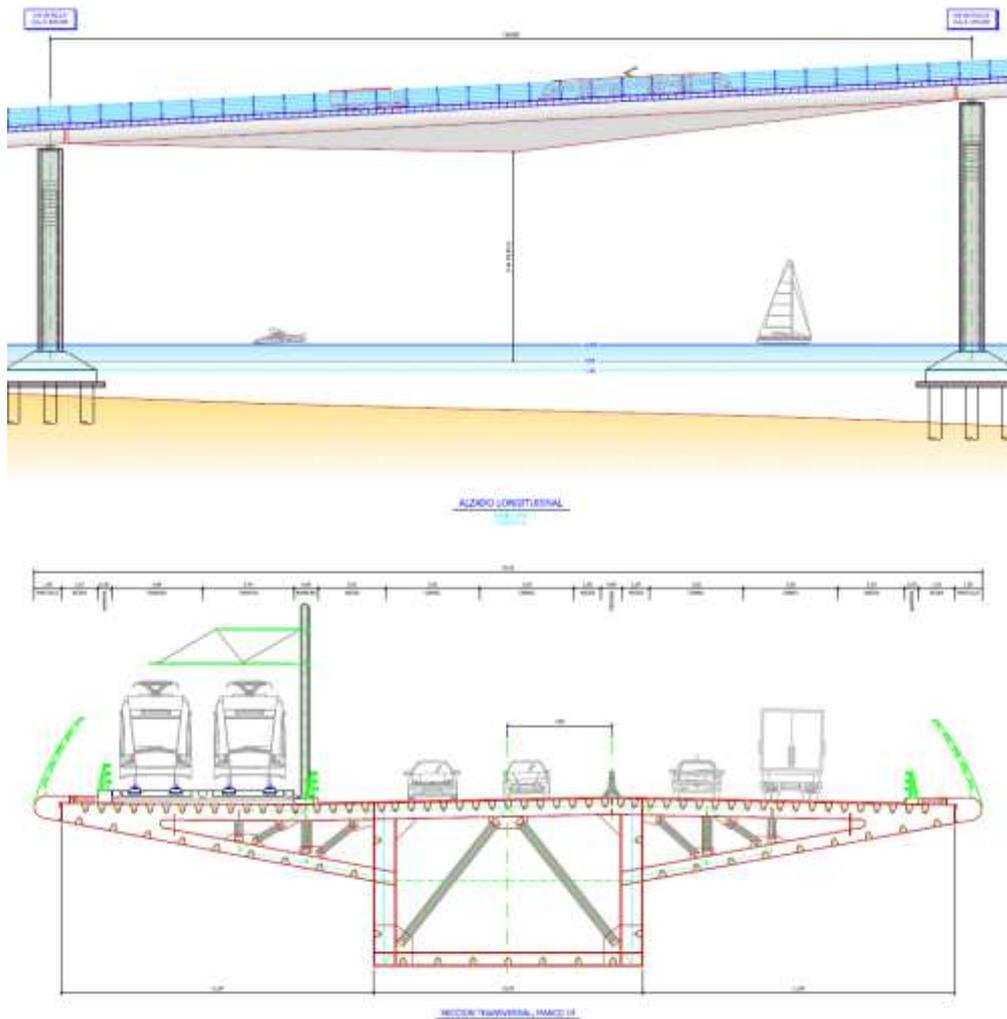


Fig. 7.14.5 Tramo desmontable

El tipo de puente elegido se deduce del dintel tipo. Este caso es el de un puente simplemente apoyado con sección variable de 3.0 m en apoyos y 8.0 m en centro de vano. En sus extremos el dintel coincide con el tipo de todo el puente.

El tramo de acceso lado Cádiz tiene 570.0 m. de longitud, con sus luces de 75 m. y una extrema, junto a la ciudad, de 45,00 m. de luz. La anchura del

tramo es de 30,5 m. La pendiente longitudinal es de 5%.

Su diseño responde al planteamiento básico de toda la obra, un dintel perfilado, esbelto, aerodinámico, de estructura mixta, acero-hormigón. La construcción de este viaducto se realiza por medio de empuje de la estructura metálica.

El tramo de acceso desde Puerto Real tiene una pendiente del 5%, tiene una

longitud total de 1.182 m. y una anchura de 30,5 m. Todo el acceso es

de hormigón pretensado. Fig. 7.14.6 y Fig. 7.14.7.

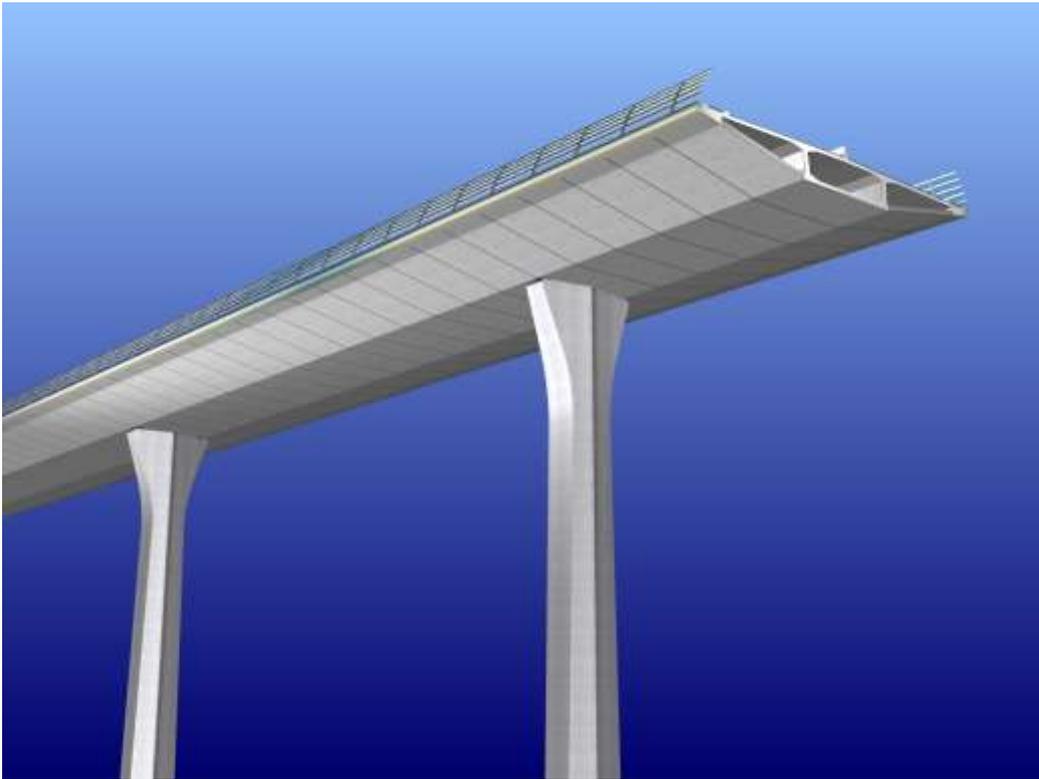


Fig. 7.14.6.

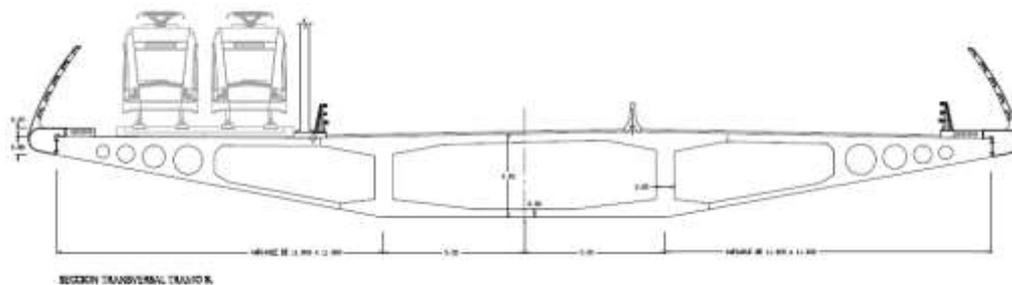


Fig. 7.14.7 Tramo de hormigón

Se puede dividir en tres subtramos. El subtramo junto al puente atirantado está formado por tres vanos de 75 m. de luz, cuya sección transversal es idéntica a la del acceso lado Cádiz pero en este caso de hormigón pretensado. Las pilas son idénticas a este acceso. El segundo subtramo está constituido por los siguientes vanos: 75,0+68,0+4x62,0+54,0m. La razón de ser de este segundo subtramo es la presencia de circulación axial bajo el puente y la de la presencia de acceso a las factorías existentes que se desarrollan a lo largo del vial, lo que

ha obligado a diseñar unas pilas en forma de pórtico, con una luz libre entre soportes de 13,5 m. La forma de todos los elementos responde al diseño general de las pilas. El doble trapecio, que es la forma general de las pilas tipo, se separa en este caso, un trapecio para cada una de las pilas del pórtico, las cuales tienen una base mayor de 3,2 m., una menor de 2,9 m. y un canto de 3 m. Estas pilas se cierran en la parte superior para destacar dos apoyos como en el resto de los vanos. La altura

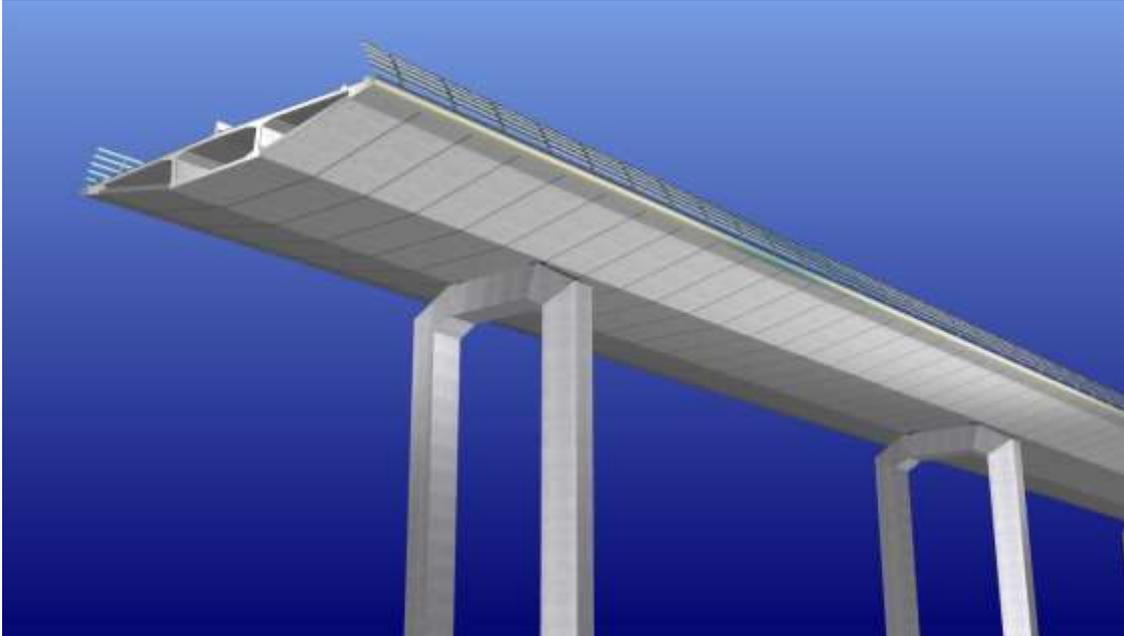
de estas pilas es variable entre 13 m. y 34 m. Fig. 7.14.8.

El dintel es exactamente igual que el del subtramo ya descrito.

El tercer subtramo, junto al estribo 2, el de Puerto Real, cambia. Cambia la luz a 40 m., la típica y 32 m. la del estribo,

dado que la altura de las pilas desciende radicalmente al aproximarse al estribo.

La construcción del tramo de acceso de Puerto Real se realizará tramo a tramo, con cortes situados a cuartos de la luz y apoyado sobre cimbra en el suelo.



*Fig. 7.14.8 Peso axial bajo el viaducto*

Las pilas, únicas para toda la anchura, tienen forma variable, pero única para todas las pilas, cualquiera que sea su altura, que varía entre 8 m. y 52,5 m. En forma de doble rombo tiene 10,5 m. en la base de la pila más alta para

terminar en 4,2 m. en la “cintura” es de donde se abre la cabeza que vuelve a tener 10,5 m. de anchura. La dimensión transversal es de 4 m. en el centro y 2,9 m. en el borde. Su superficie es por tanto alabeada. Fig. 7.14.9.

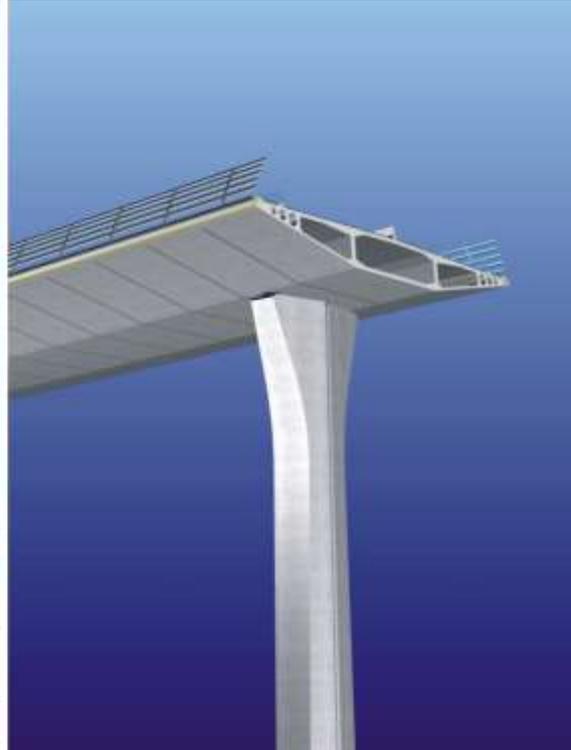


Fig. 7.14.9

En el tramo atirantado, como ya hemos descrito anteriormente, se adopta una solución con sección mixta, con losa de hormigón superior de 30 cms de canto. A la hora de diseñar la losa se ha buscado desde la génesis del Proyecto una viabilidad económica y agilidad en la ejecución, proponiendo una distribución de losas prefabricadas y macizas, con nueve tipologías distintas dependiendo de los esfuerzos de tracción y rasante en la misma.

Así, inicialmente se adopta losa maciza en zona de torres y pilas. Según proceso constructivo en zona de Torres se adopta una solución mediante prelosas y en zona de pilas mediante losa in situ sobre el relleno o contrapesos dispuestos para evitar el levantamiento del tablero durante el proceso constructivo una vez alcanzadas las pilas. El resto del tablero se resuelve mediante losas nervadas prefabricadas, cuya armadura y geometría varía en función de los esfuerzos, pero siguiendo siempre una distribución uniforme en el intereje de

los nervios que permita la continuidad de la armadura longitudinal a lo largo de todo el tablero.

Inicialmente, la parte superior vertical de las torres consistía en una estructura de hormigón pretensado. En ella, el hormigón del hueco interior presentaba los cajeados necesarios para alojar los anclajes superiores de los tirantes, disponiéndose en cada nivel de anclajes un pretensado transversal.

Se plantea una nueva solución con el fin de facilitar la puesta en obra y la ejecución de las torres, pretendiendo que las modificaciones en la forma exterior y dimensiones sean mínimas. Para ello, se considera el empleo de unos cajones metálicos en el mástil vertical cuya única función no sólo será la de facilitar el replanteo de la torre, sino que formarán parte de la sección resistente del mástil (cuya tipología pasa a ser por tanto, mixta) permitiendo asimismo prescindir del pretensado transversal. Esta estructura metálica será colocada en una primera

fase de ejecución, procediéndose posteriormente al hormigonado de la misma. Fig. 7.14.10.

La viabilidad de la nueva tipología se estudia mediante un modelo de elementos finitos tridimensionales. El estado tensional con él obtenido, una vez eliminado el pretensado transversal, pone de manifiesto la conveniencia de eliminar el hormigón en las caras de la torre por la que se

produce la salida de los tirantes, aumentándose ligeramente el espesor de las chapas metálicas de los cajones en dichas zonas. los cajones metálicos de las torres tienen 2.70 m de ancho (en dirección perpendicular al eje del tablero) y 5.40 m de largo (dimensión paralela al eje del puente). Se define un módulo o cajón metálico para cada nivel de tirantes en la torre. Fig. 7.14.11.

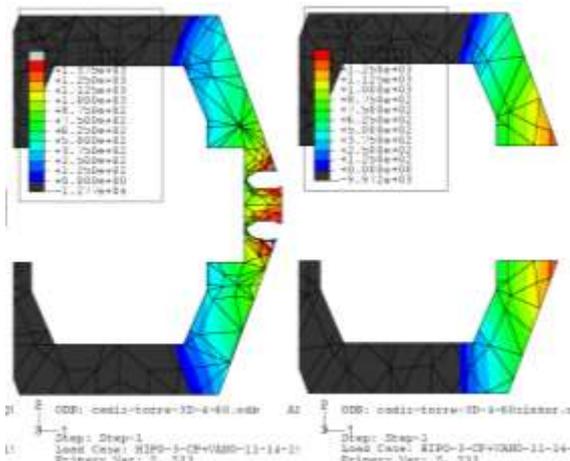


Fig. 7.14.10

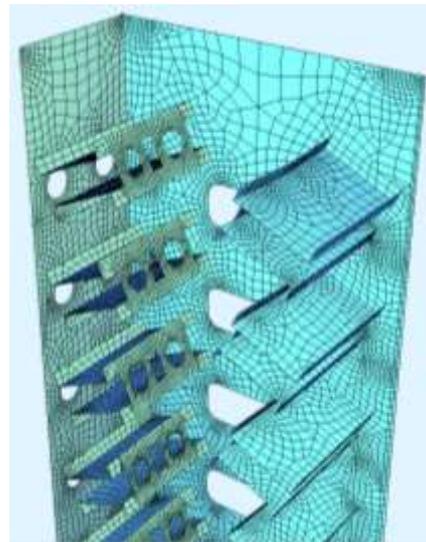


Fig. 7.14.11

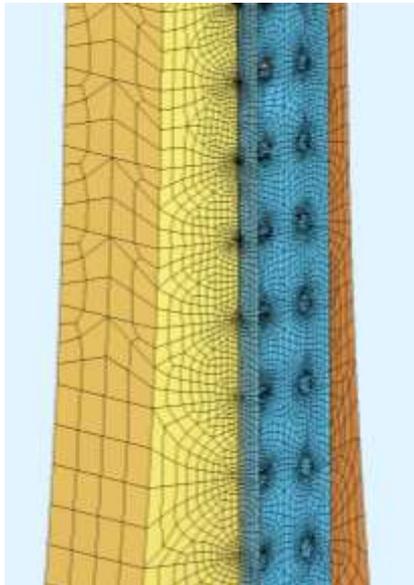


Fig. 7.14.12  
Modelización de la torre en la zona de anclaje de tirantes

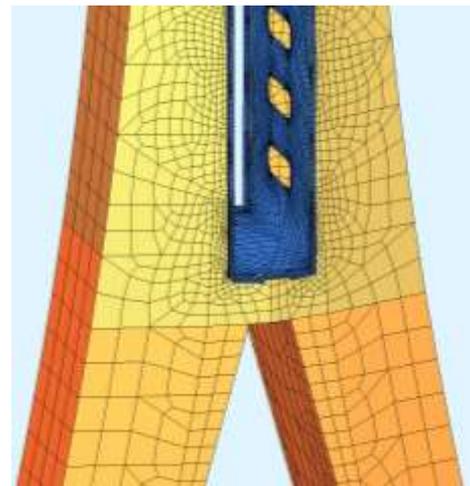


Fig. 7.14.13

**Propiedad:**

**Proyecto:** Javier Manterola, A. Martínez Cutillas, J.A. Navarro, Silvia Fuente, Borja Martín, Lucía Blanco, Silvia Criado, Raul Fernandez, Gonzalo Osborne, CFC, SL  
Marcos Martín Gomez, Ministerior de Fomento