

Proyecto del puente móvil giratorio peatonal y ciclable entre Barakaldo y Erandio (Bizkaia)

Pedestrian and cycle swing movable bridge between Barakaldo and Erandio (Biscay)

José María de Ortuzar ^a, Miguel de Ortuzar^b, Juan Carlos Arroyo^c, Fernando Sima^d,
Ignacio Crespo^e, Michael Schlaich^f,

^a Ingeniero de Caminos, miembro de la dirección del proyecto jose.maria.de.ortuzar@bizkaia.eus, ^b Ingeniero de Caminos, Director del proyecto, Diputación Foral de Bizkaia, miguel.de.ortuzar@bizkaia.eus, ^c Prof Dr Ingeniero de Caminos, Calter Ingeniería, jcarroyo@calter.es, ^d Dr Ingeniero Civil, Schlaich Bergermann Partner, f.sima@sbp.de, ^e Ingeniero de Caminos, FULCRUM, ncrespo@fulcrum.es, ^f Prof Dr Zivilingenieur, Schlaich Bergermann Partner, Catedrático de diseño conceptual y estructural en TU Berlin m.schlaich@sbp.de

RESUMEN

El puente peatonal y ciclable entre Barakaldo y Erandio (Bizkaia), actualmente en fase constructiva, es un puente móvil giratorio sobre la Ría de Bilbao que posibilitará la conexión entre ambas márgenes a peatones y ciclistas, permitiendo el paso de las embarcaciones que cruzan la Ría. El proyecto de ejecución fue objeto de un concurso de ideas adjudicado a las empresas Schlaich Bergermann Partner (SBP) y Calter Ingeniería, que junto con FULCRUM realizaron el proyecto. Es una estructura metálica muy ligera y de una calidad estética y una integración en el entorno muy cuidadas, para la cual se realizaron estudios del efecto del viento, incluyendo ensayos en túnel de viento, y de maniobrabilidad náutica de embarcaciones.

ABSTRACT

The pedestrian and cycle bridge between Barakaldo and Erandio (Biscay), currently in construction phase, is a movable swing bridge over Bilbao estuary, which will enable the connection between banks to pedestrians and cyclists, allowing the movement of ships along the estuary. A competition was launched to select the construction project author being awarded the companies Schlaich Bergermann Partner (SBP) and Calter Ingeniería, which, with FULCRUM, drafted the project. The bridge is a very light steel structure, with very thoughtful aesthetic design and integration in the environment, for which wind effect studies with wind tunnel tests were undertaken, as well as those of nautical manoeuvrability of ships.

PALABRAS CLAVE: puente móvil giratorio, peatonal, ciclable, ría, análisis de viento, maniobra buques

KEYWORDS: swing movable bridge, pedestrian, cycle, estuary, wind analysis, ship manoeuvre

1. Introducción

El puente peatonal y ciclable entre los municipios de Barakaldo y Erandio (Bizkaia), actualmente en fase de construcción, es un puente móvil del tipo giratorio (swing bridge) sobre la Ría de Bilbao, que hará posible la conexión peatonal y ciclista entre ambas márgenes de la Ría, permitiendo también el paso

a su través, mayoritariamente en situación de puente cerrado, a embarcaciones que lo hacen regularmente (Figura 1).

El proyecto ha sido promovido por parte de la Diputación Foral de Bizkaia. La dirección del proyecto se ha llevado a cabo por el Servicio

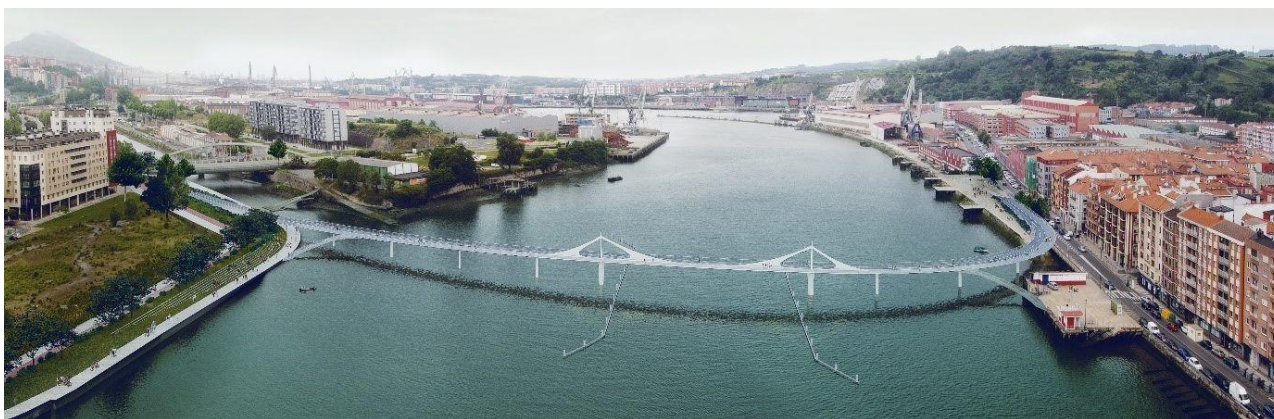


Figura 1. Infografía del puente peatonal y ciclable entre Barakaldo (izquierda) y Erandio (derecha) en Bizkaia

de Planeamiento y Proyectos de la Diputación, siendo los autores del proyecto las empresas Schlaich Bergermann Partner (SBP), CALTER Ingeniería y FULCRUM.

En los 13 km de la Ría de Bilbao entre la villa de Bilbao y la desembocadura en Getxo y Portugalete –donde se ubica el conocido puente transbordador llamado popularmente “Puente Colgante”–, sólo existe entre sus márgenes una conexión por carretera –el Puente de Rontegi reservado exclusivamente a vehículos–, y una conexión entre las dos líneas de metro, –una en cada margen– en la estación de San Ignacio. Tampoco existe ninguna conexión fija peatonal ni ciclista entre las orillas, debiendo recurrirse al cruce en bote. El funcionamiento del “Puente Colgante” es discontinuo entre márgenes y tiene capacidad reducida, limitada a las dimensiones de su barquilla de unos 600 coches/día y un número acotado de personas y bicicletas.

2. Selección de la situación del puente

Para dar respuesta, en el caso de los peatones y ciclistas, a la citada carencia de conexiones, desde la Diputación se consideró necesario un puente del que era preciso seleccionar la localización.

Para ello, tras analizar diversos factores, como son: capacidad de atracción del mayor número de usuarios, proporcionar mayor conectividad o facilidad de acceso, entre márgenes, al transporte público, a comercios, a servicios educativos, a zonas verdes, a itinerarios peatonales y ciclables, a zonas con potencial

desarrollo urbanístico, etc. se seleccionó la ubicación.

El resultado de dicho análisis fue la alternativa elegida, situada a 4.4 km aguas arriba del citado “Puente Colgante”, la cual conecta dos municipios densamente poblados (Barakaldo en margen izquierda y Erandio en la derecha). La construcción de este puente significa un hito histórico para las dos localidades que a pesar de estar físicamente muy cercanas, han permanecido a lo largo del tiempo divididas por la Ría. Esta alternativa además conecta directamente con dos ejes ciclables de Bizkaia (L3 -marg. izda.- y L4 -marg. dcha.-, estando a día de hoy el L4 en construcción), contribuyendo de forma importante al fomento del uso de la bicicleta como modo de transporte, por ejemplo para el acceso a Bilbao y las playas y su retorno.

3. Condicionantes para la estructura

Los condicionantes para el proyecto fueron diversos, pudiendo sintetizarse los principales en los siguientes, que requieren garantizar:

1. Unas pendientes aptas tanto para peatones como ciclistas, evitando acercarse al máximo permitido (entorno del 5%)
2. Que tanto el puente como los accesos en orillas permitan satisfacer los requisitos de la Agencia Vasca del Agua URA, organismo responsable en materia hidrológica en la Ría de Bilbao en la zona, en especial en cuanto a que las sobreelevaciones del nivel del agua debidas al puente en condiciones de avenida

sean admisibles, considerando también el efecto de las mareas y del posible aumento de nivel de mar por cambio climático.

3. El disponer de un gálibo bajo el puente que permita el paso de la mayoría de barcos que usan la Ría actualmente y a futuro, sin necesidad de abrir el puente, reduciendo el número de aperturas al mínimo posible. Se elaboró un inventario de buques que usan la Ría, lo que permitió establecer el gálibo requerido por la mayoría de ellos, que resultó del orden de los 5.5 m sobre el nivel del agua. Este gálibo deberá respetarse en el canal navegable que se menciona en el punto siguiente. Los buques más grandes que aún cruzan la Ría, requerían abrir el puente cerca de dos veces por semana.
4. Que, en ambos escenarios de puente abierto y cerrado, el canal navegable establecido por la Autoridad Portuaria de Bilbao (50 m en una posición concreta del cauce) quede libre de obstáculos por requerimiento de dicha Autoridad. Ello condiciona la ubicación del tramo móvil y su anchura.
5. La maniobrabilidad de los buques con la estructura ya ejecutada, requerida también por la Autoridad Portuaria.
6. Compatibilidad con el actual desarrollo previsto en la orilla de margen izquierda, donde se va a ejecutar un gran espacio libre, incluyendo un parque fluvial.
7. Mantenimiento del parque de Alzaga situado en Erandio (margen derecha), una popular zona de recreo potencialmente afectada por el estribo del puente.
8. Una calidad estética alta, debido a su situación en un entorno urbano.

La satisfacción de estos condicionantes no es sencilla a causa del poco espacio disponible en la zona y por la necesidad de conciliar algunos condicionantes entre sí, como la máxima pendiente admisible y el gálibo mínimo por navegabilidad más condiciones hidrológicas.

4. Selección del equipo redactor

Debido a la singularidad del proyecto, tanto por los condicionantes relacionados, como por la previsible complejidad estructural de la obra y el hecho de que un puente móvil no es una obra frecuente actualmente, se estimó necesario por parte de la Diputación convocar un concurso restringido internacional con tres empresas o profesionales invitados especialistas en la materia, a saber, Schlaich Bergermann Partner (SBP) junto con CALTER Ingeniería, ANTA (Mario Guisasola) y APPE (Mariano Villameriel)

La convocatoria del concurso recogía los siguientes principios generales del diseño del puente: 1) ser seguro para la circulación de sus usuarios, 2) ser cómodo –lo que condiciona las pendientes de diseño–, 3) ser atractivo para su uso y disuasorio para el del vehículo privado, 4) ser directo, minimizando los desvíos del usuario para acceso a él y 5) ser coherente, es decir, tener un encaje adecuado dentro de la red peatonal y ciclable, y, en general, del transporte en la zona.

Los autores presentaron variantes, siendo seleccionada una de las elaboradas por Schlaich Bergermann Partner (Berlin-Stuttgart) junto con CALTER Ingeniería (Madrid), en concreto la titulada BELA ZUBIA (en euskera, “Puente vela”). Dichas empresas junto con la ingeniería FULCRUM (Bizkaia) redactaron el proyecto.

5. Estudio geotécnico

La caracterización geotécnica de la ubicación de la obra se llevó a cabo en diversas fases, partiendo de las iniciales, menos costosas, hasta las últimas de mayor impacto económico:

Recopilación de antecedentes en la zona: se accedió a sondeos realizados en las orillas de la obra desde al menos 1942 hasta hace menos de un decenio. Ello permitió determinar que, en orillas, el lecho rocoso quedaba a una profundidad de unos 35 m. (Figura 2).

Estudios geofísicos: con varias técnicas, entre otras, sísmica de refracción y tomografía

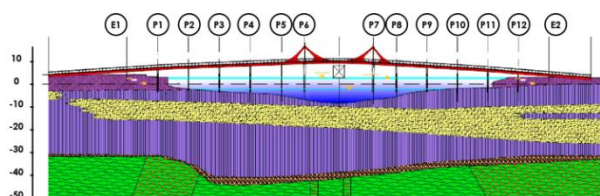


Figura 2. Alzado longitudinal geológico del cauce.

eléctrica, se pudo conocer en el centro del cauce la profundidad de la roca, que resultó similar a la observada en orillas.

Campaña de campo: en base a los anteriores resultados y un diseño inicial del puente se definió la campaña de campo, en la cual se realizaron sondeos en la posición de varias pilas y en estribos, así como ensayos in situ como piezoconos, permitiendo éstos caracterizar el terreno a efectos de empujes laterales sobre los fustes de las pilas. Para hacer los sondeos y ensayos in situ se contó con la empresa CEMOSA que utilizó equipos marinos pesados como una pontona de casi 100 Tn.

En la figura 2 se puede apreciar las formaciones que aparecen el terreno según colores: facies limosas (violeta), facies arenosas, (amarillo), roca limolítica (verde) y una fina capa gravosa sobre la roca en (marrón).

6. Estructura del puente móvil

6.1 Planta y alzado

En la figura 3 a se puede apreciar la planta de puente, curvo en su zona central, y que termina en alineaciones sensiblemente rectas en cada orilla acomodándose a su respectiva vialidad existente o prevista, permitiendo así dar continuidad a las vías ciclistas L3 y L4 citadas.

La longitud del puente entre estribos es de 372 m (alzado Fig 3 c), a los que hay que añadir 47 m en el estribo de Barakaldo y 40 en el de Erandio.

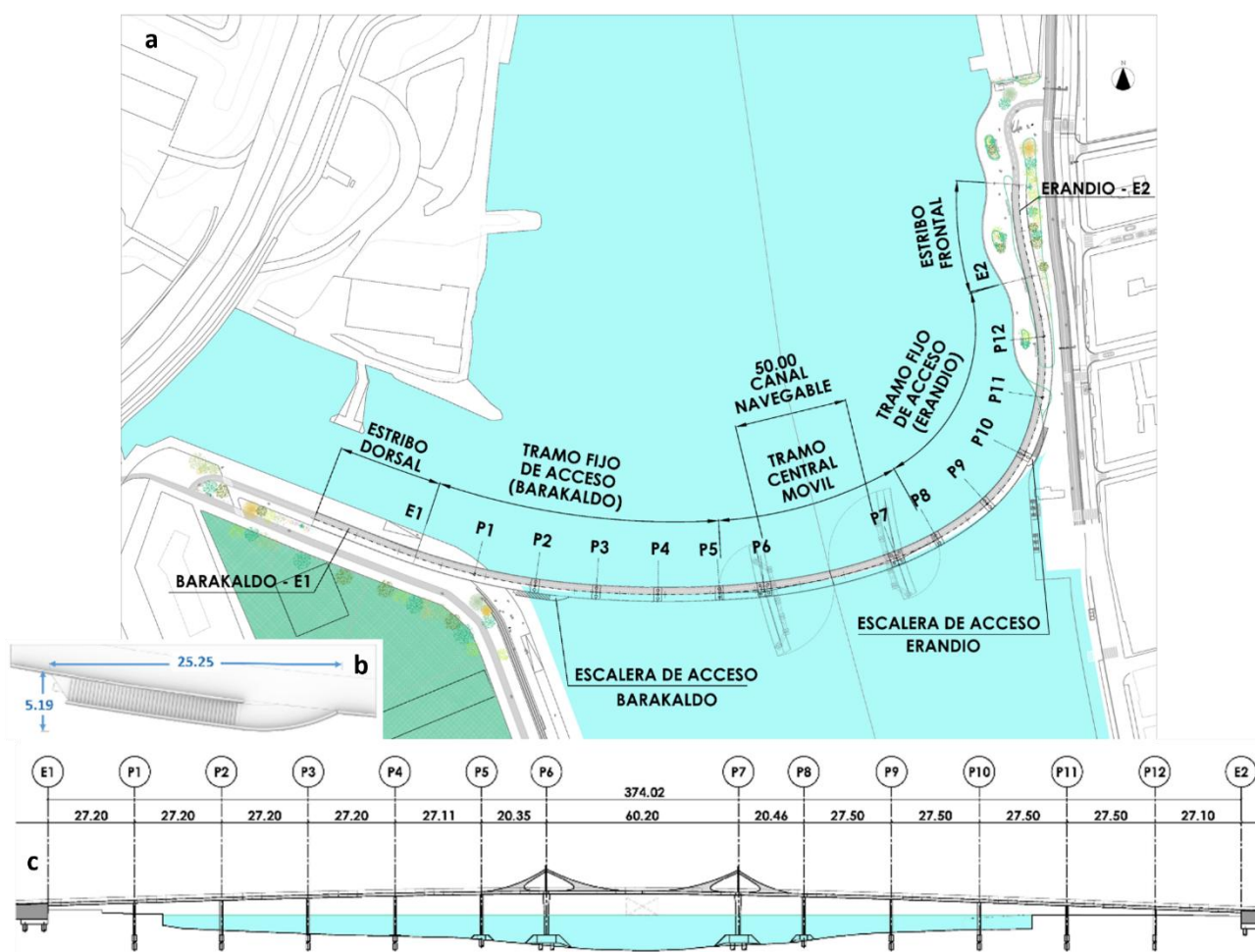


Figura 3. a) planta del puente, b) diseño final escaleras, c) alzado

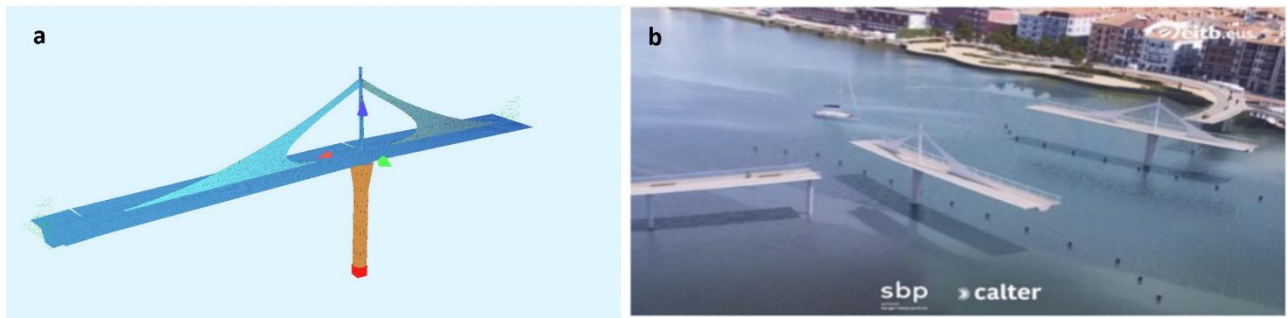


Figura 4. a) alzado parte móvil; b) infografía de puente abierto

Si los peatones desean subir a o bajar del puente sin recorrer las rampas de acceso disponen de unas escaleras que en la versión final del proyecto se ciñeron al tablero (Fig 3 b) en comparación con la diseñada inicialmente (Fig1).

En la Fig 3 c se aprecia un alzado de la obra que muestra los 13 vanos de que se compone. Los tres centrales corresponden a las partes móviles del puente, siendo la luz central de 60.2 m y las dos laterales de 20 m cada una. En esta zona central se ubican las dos pilas principales. Las dos partes móviles (Figs. 3 y 4) son sensiblemente iguales, cada una de las cuales gira en torno a su correspondiente pila principal.

La estructura móvil en forma de dos velas (Fig. 4) en el centro del puente crea un hito visual marítimo en la Ría para los habitantes de Erandio y Barakaldo y los usuarios del canal navegable. La Fig. 4 b muestra el puente abierto. Las partes móviles giran en sentido opuesto entre sí para permitir la apertura y el cierre del puente. En los videos de la referencia [1] se puede visualizar la estructura, y su movimiento en fase de apertura. De los diez vanos restantes, cuya longitud es de 27 m cada uno, los 5 vanos ubicados a cada lado de la parte móvil, -que incluyen los situados en tierra- dan lugar a dos estructuras integrales, vinculadas a los estribos.

El gálibo finalmente adoptado en la zona del canal navegable es de 6.5 m, dando así una holgura adicional de 1 m a la condición indicada en el concurso (5.5 m). La distancia entre pilas principales (60.20 m) permite encajar entre sí el canal navegable portuario. La pendiente del puente entre estribos, varía entre 4% en arranque y 0% en centro, siendo en estribos algo superior al 4%, sin llegar a los valores máximos admisibles, permitiendo un tránsito cómodo.

6.2 Tablero y sección transversal

El material del tablero, en sus partes fijas y en la móvil, es acero laminado estructural S 355 J2.

El tablero del puente en los tramos fijos tiene un ancho útil de 6 m, dividido en su parte central en dos espacios de tránsito de 3 m cada uno, como se representa en la figura 5 a adjunta.

La vía ciclista está prevista en la parte interior de la curva del puente o lado norte, teniendo el citado ancho constante de 3 m. La vía peatonal se sitúa en la parte exterior de la curva o lado sur, y su anchura es variable. En las zonas donde no existen elementos de mobiliario ni iluminación, se tiene ancho de 3 m. Cuando aparecen luminarias y bancos, el ancho se reduce

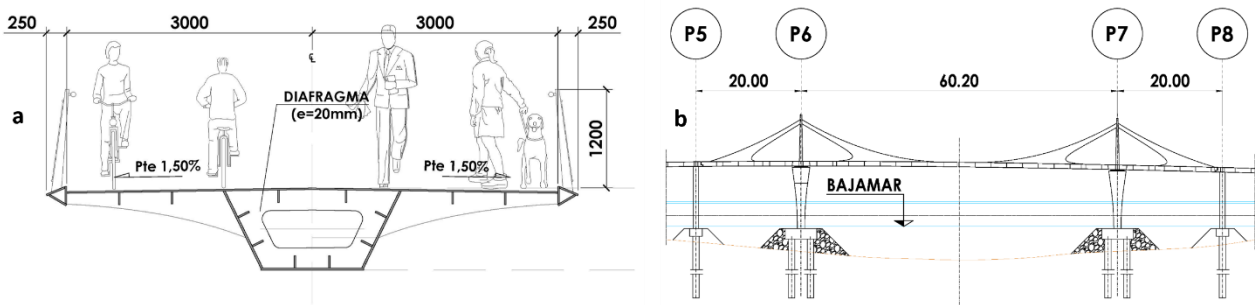


Figura 5. a) Sección tipo, b) conjunto tramo móvil

levemente, pero respetando las medidas mínimas para los itinerarios peatonales

En la parte móvil, el tablero se compone de dos grandes elementos, uno por cada pila, y de una sola pieza, cuya sección transversal bajo la rasante coincide sensiblemente con la misma de los tramos fijos, si bien sobre ella existe un mástil situado sobre cada pila principal del que parte una lámina de acero a cada lado, que sustenta el tablero, llevando la carga al mástil, dando al conjunto forma de vela (Figs. 3c, 4, 5b).

En efecto, el elemento distintivo de la estructura son las velas, que evocan el carácter marítimo de Bilbao y su entorno. Más allá de su importancia en la composición estética y formal, son un elemento fundamental en el sistema estructural: ellas son las encargadas de recoger y llevar, de forma calmada y aparentemente sin esfuerzo, las cargas a los soportes principales. Su disposición simple y elegante hace visible el viaje de las fuerzas desde el tablero a los mástiles. Con sus curvas suaves y su disposición ligeramente inclinada, se adaptan perfectamente al flujo de tráfico sobre el tablero, generando el marco perfecto para el disfrute del paisaje. Están formadas por una chapa única de espesor constante, soldada al interior del cajón central del tablero y sus diafragmas interiores. El comportamiento puramente de membrana, es decir, únicamente frente a esfuerzos en su plano

fundamentalmente de tracción, conformando un sistema de atirantamiento óptimo. La variación de la geometría se adapta al flujo de tensiones, permitiendo recoger las cargas del tablero en una amplia zona central (en contraposición a un tirante único tradicional) y transferir los esfuerzos al pilono y al tirante trasero en una zona más reducida en la cabeza del pilono. Esto permite tener un tablero sumamente esbelto, con un canto que viene determinado por el comportamiento transversal y la torsión debida a la planta levemente curva, más que por el comportamiento longitudinal.

6.3 Pilas y estribos

Los materiales de pilas y estribos son hormigón armado. Las dos pilas centrales serán de HA-80, las restantes lo son de HA-60 y los alzados de estribos de HA-30, así como todos los encepados. Sus características de exposición varían según la ubicación del elemento. El acero pasivo es de tipo B 500 SD.

De una parte en los tramos fijos del puente –formados por un subtramo en tierra y otro sobre lámina de agua–, la sustentación se consigue mediante pilas cilíndricas de diámetro constante de 1.10 m de diámetro (sobre lámina de agua), y de 0.90 m de diámetro (en tierra y en la pila 11 contigua al tramo en tierra en margen derecha) (ver Fig. 6, izquierda).

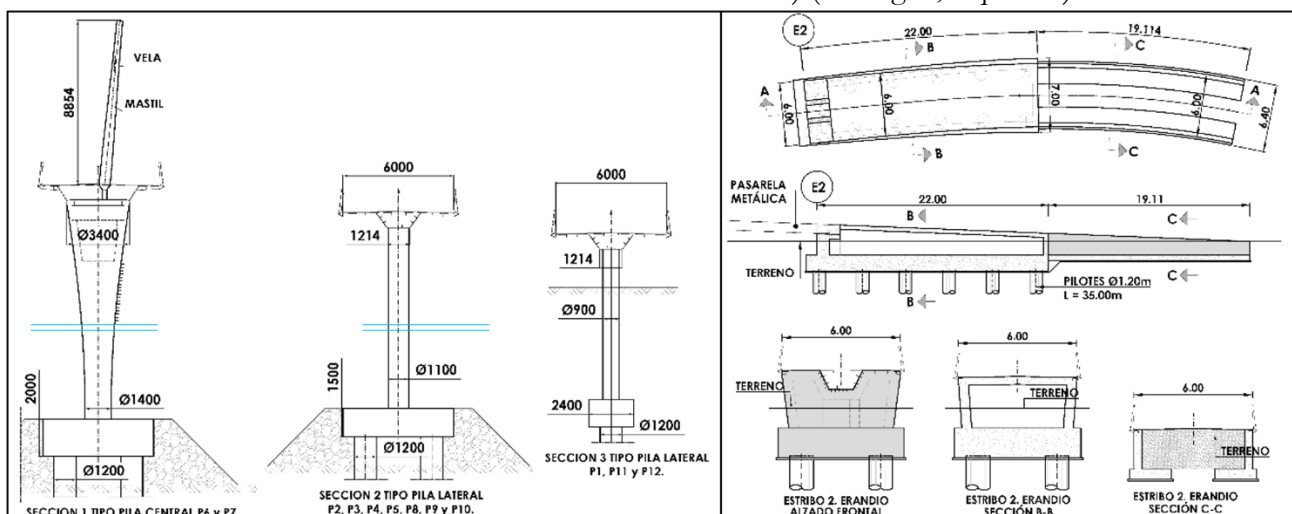


Figura 6. Recuadro izquierdo: alzados de pilas centrales –izquierda-, laterales, es decir, del tramo fijo sobre lámina de agua–centro- y en tierra –derecha-. Recuadro derecho: estribo de Erandio: planta, alzado y secciones.

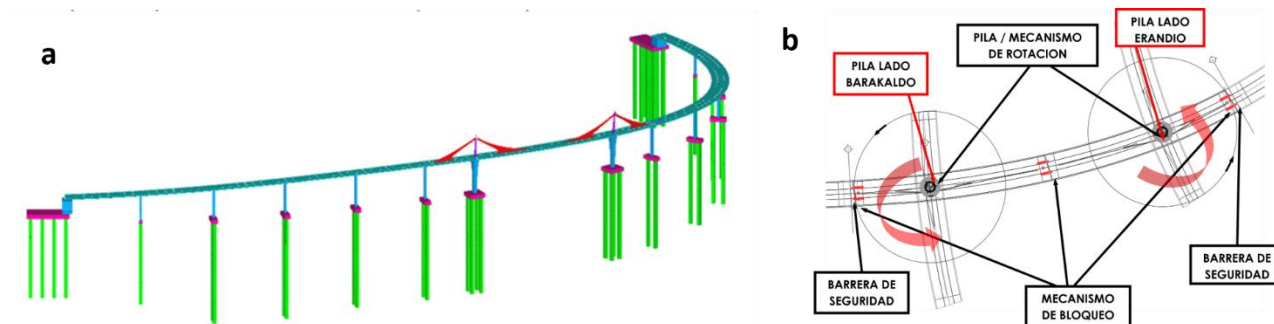


Figura 7 a) Esquema de estructura y cimentaciones ; b) Situación de los mecanismos

Sus longitudes oscilan entre 3.10 y 11.75 m. Se trata de pilas empotradas en el tablero, con el cual forman una estructura de tipo integral. Sobre lámina de agua, cada pila se empotra en un encepado bajo la bajamar del que parte la cimentación profunda formada por dos pilotes. En tierra la pila conecta con una zapata de la que parte un único pilote.

Por su parte, las dos pilas centrales de la zona media, (Fig. 6 izq) es decir, las principales, tienen un fuste de diámetro variable entre el mínimo de 1.40 m en cabeza de encepado que aumenta hasta 3.30 m, permitiendo este hecho alojar en su interior el acceso al mecanismo de giro descrito más adelante. Su conexión con el tablero, que en este punto es el elemento móvil con forma de vela antes descrito, se materializa mediante el citado mecanismo de giro. Estas pilas centrales se empotran en un encepado de cuatro pilotes situado bajo la bajamar.

Los estribos de ambas márgenes se materializan mediante sendas estructuras de hormigón armado sustentadas sobre pilotes, más un tramo inicial en rampa sustentado por muretes y relleno. La Fig. 6 derecha representa el estribo de Erandio, siendo el de Barakaldo análogo.

6.4 Cimentaciones

Las cimentaciones adoptadas para el proyecto son cimentaciones profundas, concretamente pilotes de 1.2 m de diámetro y materiales HA-30 y acero de armar B 500 SD. (Figura 7a). En los tramos fijos del puente, sobre la lámina de agua –salvo en la pila 11 citada-, parejas de pilotes se disponen bajo el encepado de cada pila, en un

plano perpendicular a la directriz del puente. En el subtramo en tierra y en la citada pila 11 sólo se dispone un pilote bajo zapata. En la parte móvil se prevén cuatro pilotes bajo cada encepado.

Dado que la cota del sustrato rocoso está próxima a los de 35 m bajo el cero de Alicante, ello resulta en pilotes cuya longitud, incluido el empotramiento, no es lejana a dichos 35 m.

6.5 Mecanismos

El puente entre Barakaldo y Erandio dispone esencialmente de tres mecanismos: el de rotación, el de bloqueo y el de las puertas de cierre al tráfico o barreras de seguridad. (Fig. 7b)

6.5.1. Mecanismo de rotación

El mecanismo de rotación se sitúa en dos puntos que son el eje de cada pila principal y permite girar las partes móviles 90 grados, girando cada una en sentido contrario entre sí.

En cada pila, dicho mecanismo se compone de un soporte circular dentado interiormente vinculado a la base de la parte móvil, y de tres elementos vinculados a la parte fija, es decir, a la cabeza de pila, que son: un soporte circular concéntrico y exterior al anterior soporte circular, tres piñones que moverán el soporte móvil, y, ligado a cada piñón, un motorreductor que acciona cada piñón. (Fig. 8)

6.5.2. Mecanismo de bloqueo

El mecanismo de bloqueo se sitúa en tres puntos o juntas de la estructura: uno es el contacto entre las partes móviles en el centro del puente, y los otros dos son el contacto entre cada parte móvil y su parte fija contigua.

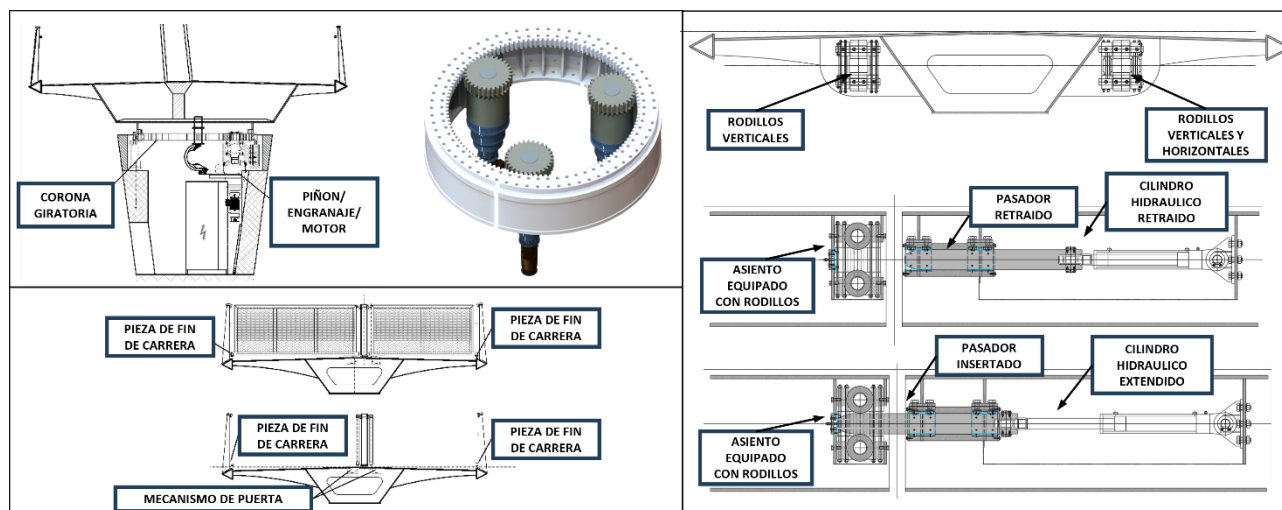


Figura 8. Izqda arriba: mecanismo de rotación; izqda, abajo, puerta de seguridad: dcha, mecanismo de bloqueo

Dicho mecanismo (Fig 8) se compone de dos pasadores en cada una de las tres juntas, más un cilindro hidráulico junto con cada pasador. Su misión es impedir, entre los labios de cada junta, las deflexiones diferenciales horizontales y verticales, así como cualquier efecto torsional diferencial entre labios según el eje del tablero.

Así, una vez cerrado el puente tras un giro de 90° de la parte móvil, el cilindro empuja el pasador a un cajón situado en el otro labio en el que pares de rodamientos colaboran en la inserción. Los dos pasadores impiden deflexiones diferenciales verticales y sólo uno de ellos las horizontales.

6.5.3. Barreras de seguridad

Durante la fase de apertura del puente y hasta su cierre es preciso garantizar la ausencia de personas o bicicletas en el interior del tramo móvil. Para ello se disponen, en el borde fijo de las dos juntas entre parte fija y móvil, unas puertas de seguridad que impiden el paso (Fig.8).

6.6 Otros aspectos

6.6.1. Estudio de viento

Dadas las características de esbeltez de la estructura y el entorno donde se ubica, se estimó necesario realizar un estudio específico de viento, llevado a cabo por la firma Wacker Ingenieure (Birkenfeld, Baden Württemberg, Alemania), considerando escenarios de puente abierto y cerrado. La primera parte del trabajo

fue un estudio de clima de viento con el que se obtuvieron parámetros de diseño, en especial la velocidad de viento a nivel de tablero y velas. Un análisis posterior permitió determinar posibles fuentes de inestabilidades, en esencia galope de tipo longitudinal. Después se elaboró y ensayó un modelo seccional a escala 1/20 (Fig.9) dando por resultado otros parámetros de diseño. Finalmente se realizó y ensayó un modelo aeroelástico a escala 1/50 de la parte móvil que permitió determinar resultados en términos de desplazamientos. Todo el estudio se apoyó en los resultados del modelo dinámico estructural modal realizado desde CALTER y SBP.

6.6.2. Estudio de Navegabilidad

Por parte de Autoridad Portuaria de Bilbao se requirió realizar un estudio sobre la navegabilidad o viabilidad náutica de la Ría en escenario de puente construido que fue desarrollado por la empresa especializada en la materia SIPORT 21. Para ello fue preciso acometer, primero, en gabinete, simulaciones en modelos que mostrasen que el movimiento de los buques a puente abierto era factible.

Después, en el simulador de maniobra de buques en tiempo real sito en las instalaciones de SIPORT 21 en Las Rozas (Madrid) en coordinación con los prácticos del Puerto de Bilbao se realizaron simulaciones de maniobra de cruce del puente por parte de un capitán de buque desde un puente de mando, que revelaron



Figura 9. a) vientos dominantes; b): modelo seccional a escala 1/20 en túnel de viento; c) esquema del modelo seccional; d) modelo aeroelástico de parte móvil a escala 1/20 en el túnel de viento

que la navegación era viable para los buques de mayor envergadura que podían pasar.

6.6.3. Impacto de buques. Defensas.

En el proyecto se analizó el impacto de buques. Las pilas se dimensionaron para resistir el impacto de los buques usuales. Para los de más envergadura, dada la potencial entidad del impacto y su baja probabilidad, se realizó un estudio probabilístico por parte de SIPORT 21, que puso de manifiesto que a partir de los datos disponibles, y una vez verificado que las pilas podían resistir impacto de buques de menor envergadura (buques usuales) el riesgo de colapso del puente era muy bajo e inferior al umbral para implantar elementos de defensa en las pilas principales para su protección frente a impactos de buques. No obstante, previamente se había estudiado mediante análisis y diseño estructural un caso de impacto y la implantación de defensas en las pilas centrales. El proyecto incluye información sobre el citado cálculo de elementos de defensa, y una dotación económica que permitirá, en su caso, y en coordinación con la Autoridad Portuaria, retomar la cuestión de los elementos de defensa.

6.6.4. Iluminación y elementos de control

Tanto por motivos de seguridad como estéticos, en el proyecto se ha analizado en detalle la iluminación nocturna del puente y sus escaleras de acceso (Fig.10), cuyos fines son proporcionar una buena orientación al usuario de puente, y reforzar la clara conexión entre Barakaldo y Erandio como ruta por la noche. Con dichos fines, la iluminación general remarca la estructura móvil en forma ascendente de las dos velas y los mástiles en el centro de la pasarela a base de luminarias ubicadas en el tablero, y de forma descendente las dos pilas que sustentan la estructura móvil, en las que los puntos de luz están próximos a la cabeza de la pila, marcando la zona de circulación de barcos.

Sobre el tablero y a lo largo del puente se asientan luminarias que acompañan la superficie peatonal y ciclable. La senda peatonal y el carril para bicicletas están separadas en el centro del puente por luces empotradas en el suelo y muestran el camino. Los bancos a lo largo del tablero se iluminan inferiormente y las escaleras son iluminadas por unas delicadas líneas que muestran la posición de los escalones.

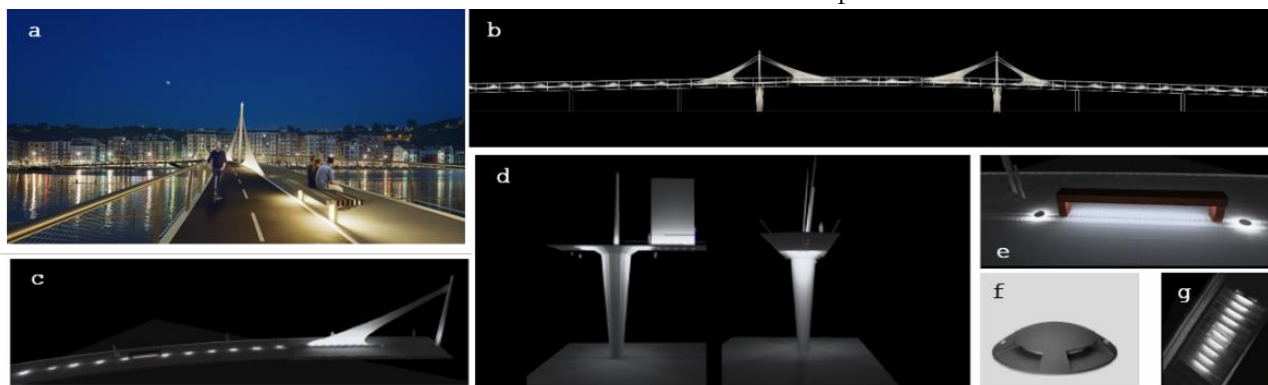


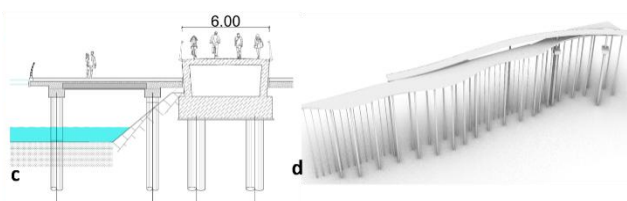
Figura 10. a) Infografía iluminación nocturna. Simulaciones iluminación: b) global del puente; c) entorno de vela; d) pilas principales; e) banco; g) escaleras; f) luminaria de suelo

En lo tocante a elementos de control, la apertura del puente se puede realizar de forma remota desde las instalaciones centrales de Puerto de Bilbao en Santurtzi, a 10 km del propio puente. No obstante, en la orilla derecha, en el parque sito en Erandio en el entorno del estribo, se implantará una caseta para dirigir la apertura del puente de forma que visualmente sea posible observar la presencia de personas en el tablero y tomar las medidas oportunas.



Figura 11. Parque de Alzaga: a) estado de partida; b) estado final: c y d) esquema estructural del ensanche

6.6.5. Ensanche del parque de Alzaga en Erandio
La necesidad de ocupar gran parte del parque de Alzaga para implantar el estribo del puente implica la importante reducción del espacio disponible de este popular parque. Para paliar esta afección, el proyecto incluyó el ensanche del parque hacia la Ría mediante una estructura sustentada en pilotes (ver Figura 11)



6.6.6. Método constructivo

El método constructivo definido en proyecto de las partes más complejas del puente, se puede resumir en varias fases: 1) Ejecución de pilotes desde una pontona hasta llegar a nivel de encepado; 2) implantación, desde la pontona de una ataguía cilíndrica hasta el fondo del cauce, concéntrica con cada pila, y una vez posicionada, ejecutar en seco el encepado y la pila completamente 3) transporte en barcaza y

colocación con grúa los tramos de puente de las partes fijas y su conexión, 4) transporte en barcaza y colocación con grúa de las piezas móviles (velas). La ejecución de estribos sigue un patrón clásico de las obras en tierra. (Figura 12)

7.6.6. Presupuesto y plazo

El plazo de ejecución previsto en proyecto es de 30 meses, siendo el presupuesto de licitación de 25 950 534.21 euros.

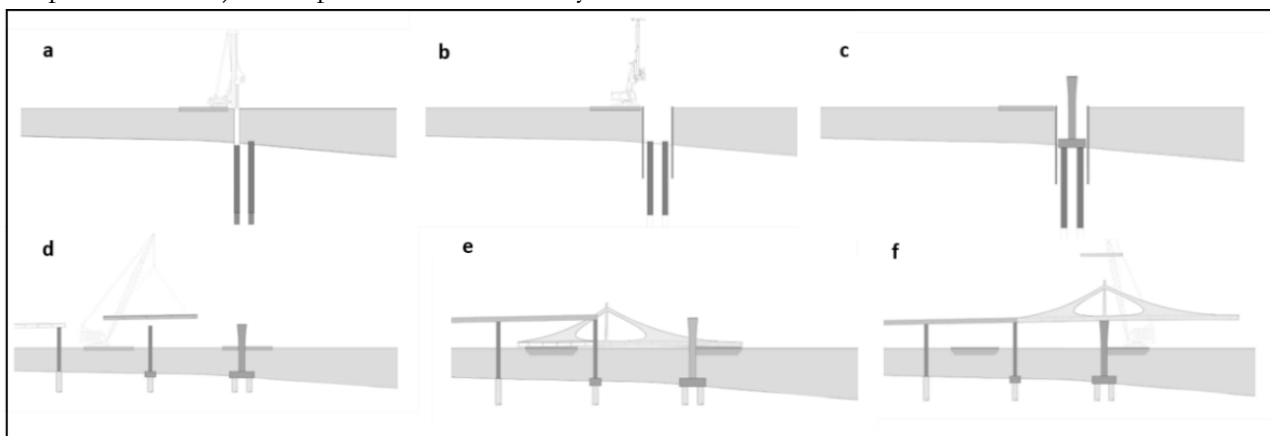


Figura 12. Ejecución desde pontona a) de pilotes, b) de ataguía, c) de encepado y pilas, d) transporte de tramos cortos, e) transporte de pieza móvil y f) su montaje

Agradecimientos

Los autores desean manifestar su agradecimiento a la Diputación Foral de Bizkaia, a las empresas SBP, Calter y Fulcrum así como a Wacker Ingenieure, SIPORT 21 y CEMOSA.

Referencias

- [1] Presentación (2022) Diputación F. Bizkaia, <https://www.bizkaia.eus/es/web/comunicacion/noticias/-/news/detailView/22468>