

# Nueva pasarela en el parque Torrent de la Font en Badalona

## *New footbridge in the Torrent de la Font park in Badalona*

**Manuel Reventós Rovira<sup>a</sup>, Jaume Guàrdia Tomàs<sup>b</sup>**

<sup>a</sup> Administrador e ingeniero de caminos, canales y puertos. Enginyeria Reventós, S.L.

<sup>b</sup> Jefe departamento de estructuras e ingeniero de caminos, canales y puertos. Enginyeria Reventós, S.L.

### RESUMEN

El Torrent de la Font de Badalona separa los barrios de la Morera y de Bufalá, para mejorar la conectividad entre los dos lados el Área Metropolitana de Barcelona (AMB) ha promovido la construcción en esta nueva pasarela. La estructura forma parte de una actuación mayor dirigida y liderada por uno de los equipos de arquitectos de la AMB, así que la coordinación y entendimiento entre el equipo de ingeniería y de arquitectura fue parte fundamental del proceso de diseño. El resultado final es una pasarela urbana con la peculiaridad de estar empotrada en un estribo y apoyada en el otro.

### ABSTRACT

The Torrent de la Font of Badalona separates the neighborhoods La Morera and Bufalá, in order to improve the connectivity between both sides the Metropolitan Area of Barcelona (AMB) has promoted the construction of this new footbridge. This structure is part of a major action managed and led by one of the AMB's teams of architects, so coordination and understanding between the engineering and architecture team was a fundamental part in the design process. The final result is an urban footbridge with the peculiarity of being embedded in a abutment and simply supported in the other.

**PALABRAS CLAVE:** Pasarela, urbano, arquitectura, acero, madera.

**KEYWORDS:** Footbridge, urban, architecture, steel, wood.

## 1. Introducción y contexto

El proyecto del Parque Torrent de la Font se ubica en el municipio de Badalona, entre los barrios de la Morera y de Bufalá. Este ámbito se encuentra entre dos zonas verdes, el Torrent de la Font i el Turó de l'Enric, su conexión configura un parque urbano de 138.000 m<sup>2</sup>, está clasificado como gran parque urbano por la AMB (figura 1).

Los estudios de la AMB concluyen que la mejora de este parque contribuye notablemente en la calidad ambiental de su entorno fuertemente poblado.

Las principales actuaciones previstas son la cubrición del Torrente, actualmente a cielo abierto, eliminando así la principal frontera física; el arreglo las zonas no ordenados aun, creando nuevos caminos y canalizando el agua de escorrentía.

Después de un análisis de estrategia realizado por el Ayuntamiento; el ente supramunicipal AMB (Área Metropolitana de Barcelona); y también con asociaciones de vecinos se priorizaron las actuaciones previstas en este proyecto, que consistían en una

intervención urbana de casi 6.000 m<sup>2</sup> y la construcción de una nueva pasarela.

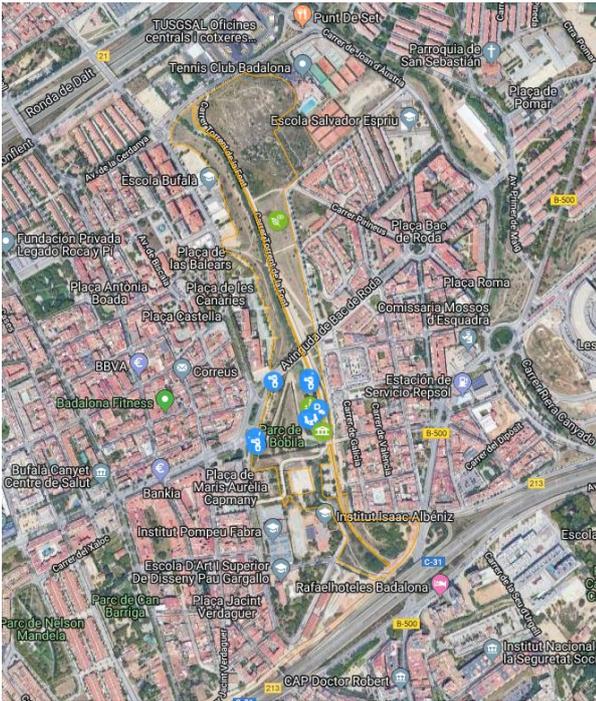


Figura 1. Parque del Torrent de la Font y del Turó de l'Enric en Badalona.

La pasarela tiene la principal función de mejorar la conectividad de peatones entre los barrios de Bufalà y la Morera, separados por el Torrent de la Font. Esta conexión cobra más importancia debido a que en el uno de los lados se encuentran tres equipamientos de entidad, dos Institutos y una Escuela de Arte y Diseño.

El Ayuntamiento, firmó un convenio con el AMB para catalogar el parque como Parque Urbano Metropolitano, de forma que la gestión y mantenimiento son a cargo del AMB, que a medida que se acaben las diferentes fases si irán incorporando dentro de esto sector.

Por este motivo el proyecto de toda la actuación fue liderado por los arquitectos de la AMB y su equipo, que redactaron el proyecto, salvo la parte de la pasarela, por la cual fuimos contratados. De la misma forma se procedió en la dirección de las obras.

## 2. Descripción de la pasarela

La longitud de la pasarela es de 40,29 m, cuenta con un vano único de 32,87 m de luz. Entre los dos estribos existe una diferencia de cota de 2,28 m, por lo que el recorrido tiene una pendiente constante menor al 6%. El ancho funcional es de 3,00 m (figura 2).

Cruza la canalización del Torrent de la Font, la cual está situada entre dos taludes. Se prevé el arreglo de estos suavizando su pendiente y realizando siembras, también se realizará un camino de fondo paralelo al Torrente.

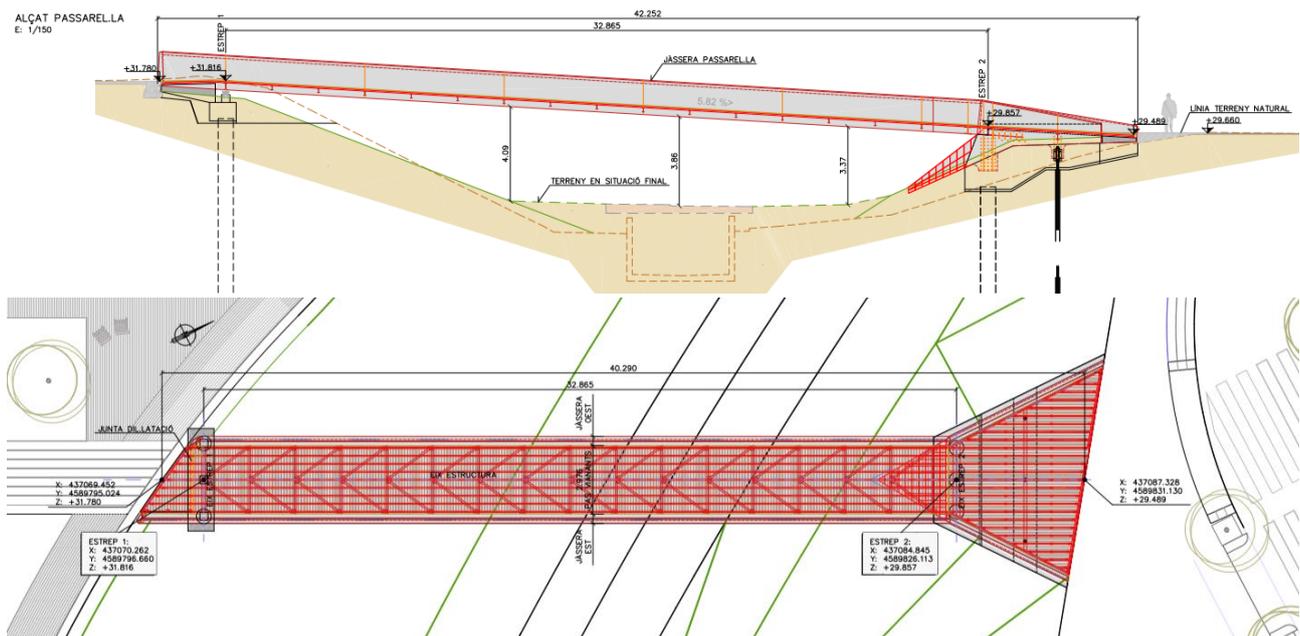


Figura 2. Alzado y planta de la pasarela.

Los elementos que componen la pasarela son los siguientes:

- Estribo 1. Situado en el lado suroeste. Es un apoyo simple mediante neoprenos.
- Estribo 2. Situado en el lado noreste en la confluencia de las calles de Alacant y Torrent de la Font. Es un apoyo empotrado.
- El tablero. Conformado por una estructura metálica.
- Acabados. Que incluyen el pavimento, un conjunto elementos ornamentales formado por chapas de acabado y la iluminación, que está integrada en la estructura de la pasarela.

La estructura se conforma con dos jácenas de acero tipo cajón de 1,5 m de canto, unidas entre ellas por la parte inferior por la plataforma funcional, de manera que la propia estructura hace de barandilla (figura 3).

El esquema estructural es apoyado en uno de los estribos y empotrado en el otro, este esquema poco habitual queda justificado por la adaptación arquitectónica de los accesos, donde se ha querido dar mayor peso en el lado empotrado haciendo que la propia estructura emerja del terreno. En cambio, en el otro lado la estructura apoya isostáticamente de manera que da una apariencia de no tocar el suelo.

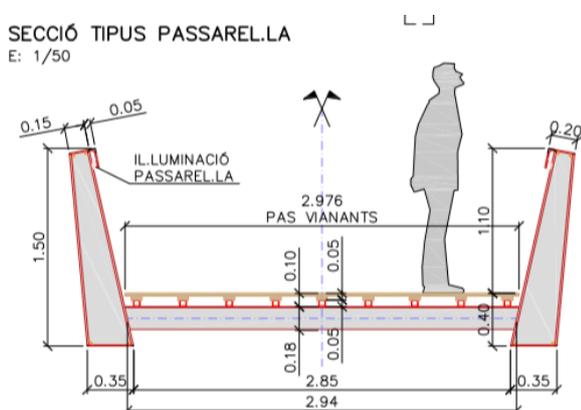


Figura 3. Sección transversal de la pasarela.

En planta podemos diferenciar 2 tramos, el primero comienza en el estribo 1 y tiene una longitud de 32,47 m, tiene una geometría constante con un ancho de pavimento de 2,976 m; el resto, situada sobre el estribo 2, es un trapecio irregular de 2,976 m en uno de los lados y 9,132 m al otro. Se crea un espacio de acceso a la pasarela que se abre gradualmente y se enfatiza más aún el peso de este lado.

La sección transversal se compone de dos jácenas de acero de tipo cajón irregular. Tienen un canto máximo de 1500 mm, 1100mm van por encima del pavimento. Su ancho es variable entre 200 y 350 mm. En su parte superior de espesor de 20 cm se crea un pliegue dentro del cual queda escondida una tira LED fijada con tornillos rosca-chapa de acero inoxidable para permitir el ajuste exacto en la colocación de las tiras de LED.

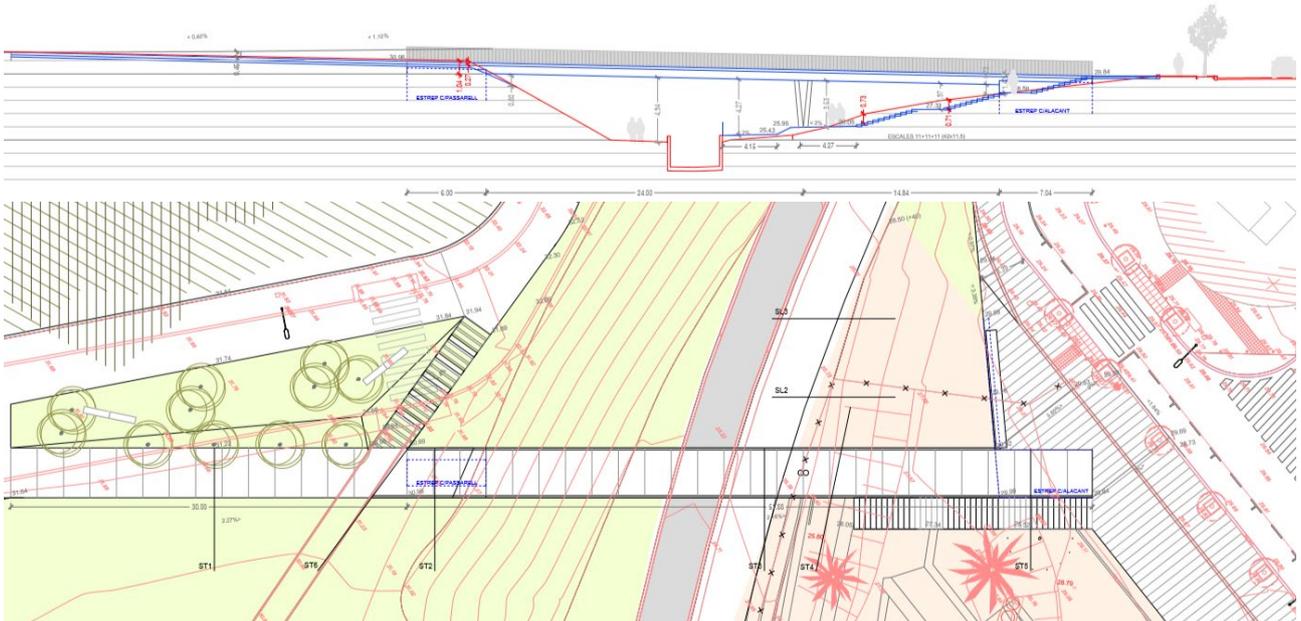
El color de acabado toda la estructura metálica es gris claro.

El pavimento es de madera ipé, de lamas de 120 x 21 mm apoyadas sobre rastreles separados 35 cm. En el proyecto estaba previsto la colocación de madera de acacia, se intentó evitar el uso de maderas tropicales, pero al iniciar las obras se sustituyó por ipé ya que no conseguimos convencer al mantenedor de la infraestructura sobre la idoneidad del uso de acacia para pavimentos.

Las instalaciones previstas pasan por debajo del pavimento dentro de tubos de PEAD, menos la iluminación que va integrada dentro del pliegue superior de la jácena.

### 3. Proceso de diseño

El proyecto del conjunto del parque fue realizado y dirigido por los arquitectos de la AMB. Los cuales marcaron las directrices de diseño principales de la pasarela.



El proceso de diseño de la pasarela estuvo marcado por la relación entre la dirección del proyecto (arquitectos) y diseñadores de estructuras (ingenieros). En este caso, nuestra función fue la de entender la perspectiva de la visión arquitectónica del conjunto y plasmarla en un proyecto ejecutivo.

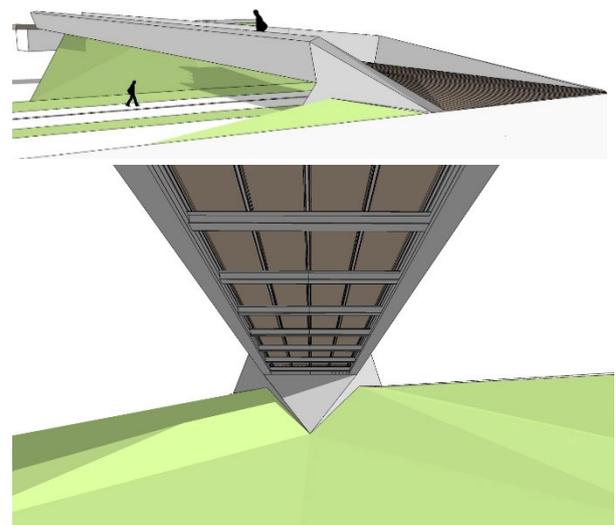
Los diseños iniciales del estudio previo contemplaban una pasarela totalmente diferente, la principal diferencia era su orientación en planta, tenía un esviaje importante respecto al torrente que obligaba a hacer una pasarela de 39 m de 2 vanos, más 13 m sobre los estribos (figura 4). Esta opción se descartó rápidamente y la pasarela se orientó más perpendicular a la canalización inferior. Así se minimizó la actuación y se encajó una estructura de un solo vano.

Fue también un condicionante de diseño que la pasarela ‘emergiera’ del terreno en el estribo 2 y pareciera que no tocara el suelo en el estribo 1. Esto se solucionó con empotrando las jácenas en un lado y apoyándolas en el otro (figura 5).

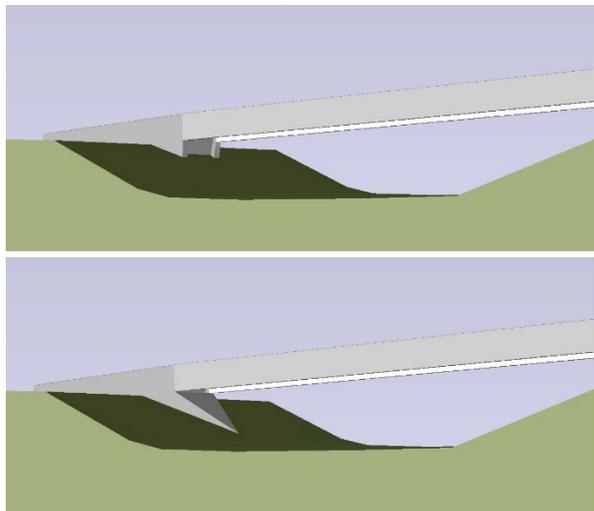
Los detalles se cuidaron para mantener esta impresión. El estribo 1 no tiene muretes

laterales para dejar vista la jácena pasando ‘a través’ del estribo y ocultando los apoyos.

En el estribo 2 se tuvo en cuenta que el relleno de tierras llegaría a la estructura metálica, para evitar los problemas de durabilidad y mantenimiento en esta zona se dejó una chapa extra de protección en los primeros 20 cm y una canaleta de acero situada sobre el hormigón del estribo mantiene siempre una separación entre la jácena y el suelo.



Fue también parte de la discusión entre equipos como debía ser el acabado de la zona de empotramiento. Se estudiaron varias opciones y finalmente el equipo de arquitectura se decantó por la prolongación de la almas y terminar con una ‘cuña’ metálica (figura 6).

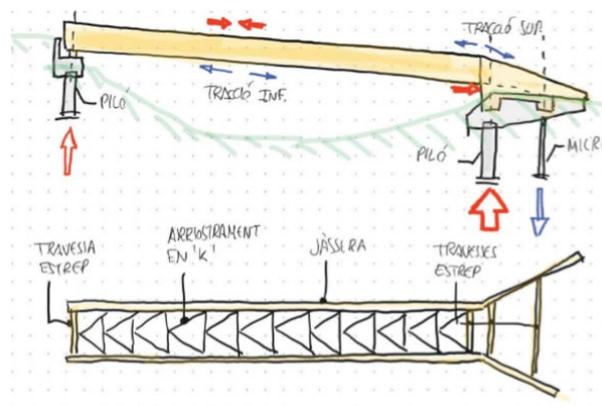


Los detalles de iluminación también se integraron en la estructura. Se colocó una tira de LEDs por debajo del pasamano y todos los transformadores y conexiones se ubicaron en un recinto interior a la jácena situado fuera ya de la parte estructural, en la parte de la viga que vuela después del estribo.

#### 4. Diseño estructural

La principal peculiaridad del diseño estructural de la pasarela es que uno de los estribos que está empotrado. Es una solución poco habitual ya que implica realizar una cimentación y estribo más caro y dificulta las actuaciones futuras de mantenimiento en caso de que se requieran.

Para afrontar estas problemáticas se buscaron otras pasarelas con estribos empotrados y se diseñó una solución durable, con poco mantenimiento y económica dentro de los parámetros del proyecto [1][2].



#### 4.1 Tablero

El tablero está formado por 2 jácenas unidas entre ellas por una celosía plana tipo ‘K’ formada por perfiles laminados abiertos (IPE) y tubulares (figura 7).

Para evitar la distorsión de la jácena se sitúan diafragmas internos de 15 mm de espesor cada 6 m. Estos, a fin de que sean totalmente efectivos se sueldan por los 4 lados, así que las jácenas se montaron en conjuntos de 6 m. Para poder realizar las soldaduras completas los diafragmas estaban biselados de forma que se pudo soldar alrededor de este desde un lado.

Las jácenas se construyeron con una contraflecha de cálculo de 21 mm más 40 mm debidos a las condiciones de fabricación del taller.

A pesar de tener una geometría irregular y alargada, los cajones tienen suficientemente rigidez a torsión para evitar el pandeo lateral de la platabanda superior, la cual no queda arriostrada.

La geometría de las jácenas hacía impracticable el acceso al interior de estas, ya sea por mantenimiento como para la construcción. Lo que implicó el sobre dimensionamiento del espesor mínimo de las chapas del cajón. Por un lado, para evitar la abolladura, ya que no era posible soldar rigidizadores; y por el otro, para tener en cuenta la posible pérdida de espesor en el interior del cajón, que no es accesible.

Estos motivos implicaron el uso de una cuantía de acero superior a la habitual para una estructura de este tipo.

## 4.2 Estribos

En el estribo 1 se compone de un cargador de hormigón armado con una cimentación de pilotes. Apoyan las 2 jácenas mediante aparatos de neopreno armado, también hay un tope metálico en la parte central para limitar las deformaciones transversales excesivas.

En el estribo 2 se empotran las 2 jácenas de la pasarela. Para resistir los momentos flectores que genera esta se han dispuesto 2 filas de elementos de cimentación, la primera formada por 3 pilotes trabajan a compresión y la segunda por 3 micropilotes trabajando a tracción (figura 8).

Las 2 cimentaciones están separadas 3 m para tener suficiente brazo para compensar el momento de empotramiento.

Otro reto fue como se transmiten los esfuerzos flectores de la pasarela a las cimentaciones. Además, teniendo en cuenta la geometría irregular de las secciones y la planta.

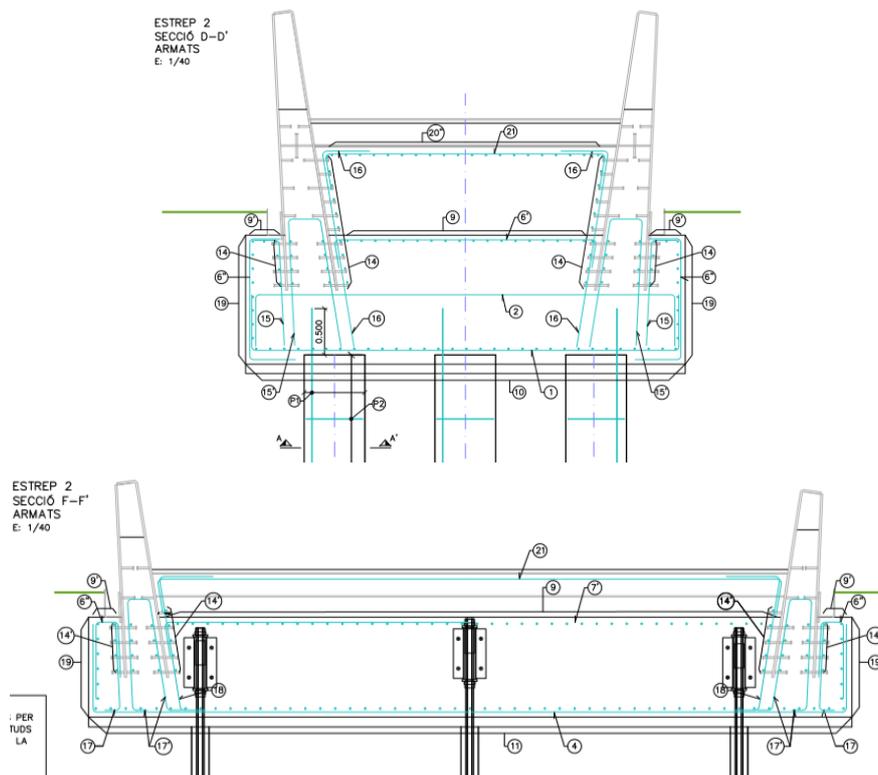
Las vigas de acero llegan al estribo y se abren con un giro de 26 grados, además inician una variación lineal de canto de los 150 cm hasta llegar a 40 cm. Esta variación se hace manteniendo el ancho del ala superior de la jácena constante de 20 cm.

En esta zona es necesario aumentar el espesor de las almas a 20 mm y colocar unos diafragmas internos adicionales de 15 mm que resistan las fuerzas de desvío.

Las jácenas prolongan las almas hasta empotrarse en el interior del encepado, el comportamiento monolítico y solidario entre hormigón y acero se garantiza mediante pernos de acero. Estos se posicionaron suficientemente separados para no requerir armadura de rasante.

Para mejorar el comportamiento del ala inferior, comprimida debido a la flexión negativa, se hormigonó el interior de manera la compresión de el ala inferior se transmite directamente al hormigón del encepado.

Se calculó la longitud necesaria de alma embebida y se colocó el armado necesario para hacer la transmisión de esfuerzos entre hormigón, pilotes y micropilotes.



## 5. Proceso constructivo y obra

La construcción de la pasarela solo tenía la dificultad de la materialización del estribo empotrado. Se tuvo en cuenta que fuera posible en transporte de las piezas metálicas en obra y se minimizaron los trabajos de soldadura en obra.

Todo el tramo recto de la pasarela (3,8 m de ancho y 33,4 m de largo) se fabricó completamente en taller y se trajo a la obra en una operación de transporte ya con la pintura de acabado. Pero antes se tenía que montar el tramo empotrado sobre el estribo 2.

En este tramo se montaron las 2 jácenas por separado, ya que no era posible traer el conjunto completo a la obra (figura 9).

Además, el arranque de la pasarela tenía que montarse sobre unos perfiles de apoyo provisional, ya que el hormigonado solo se pudo hacer cuando ya estaba posicionada la parte metálica.

La principal preocupación era garantizar la correcta alineación de la jácena, ya que esta hace de barandilla por lo que cualquier error en la rectitud de la pieza se vería desde la perspectiva del usuario.

Para garantizar la correcta alineación se fabricó un útil que hacía de galga/plantilla. Aun así, llegar a la perfección de la pieza es imposible.

Se marcó como límite aceptación la tolerancia de fabricación de la EAE-10 más estricta, que es L/1000.

En el tramo 1, se mantuvo soldado hasta después de finalizar la pasarela, con el fin de evitar los movimientos de las jácenas en el proceso de hormigonado del estribo 2 (figura 10).

El error de alineación se mantuvo dentro del margen previsto, pero igualmente se pueden apreciar visualmente los errores de fabricación y montaje si se mira desde un extremo de la pasarela. Estos errores ya no se pudieron corregir, además cuando la vista se aparta de la arista de la jácena deja de apreciarse (figura 11).

En resumen, la construcción de la pasarela tuvo las siguientes fases:

- Ejecución de pilotes y micropilotes.
- Armado y hormigonado de estribo 1.
- Armado de estribo 2.
- Fabricación en taller de la pasarela.
- Montaje de tramo 1 de la pasarela.
- Ferrallado y hormigonado del estribo 2.
- Montaje de los aparatos de apoyo en estribo 1.
- Montaje del tramo 2 de la pasarela y soldadura en obra.
- Pavimento, iluminación, junta, servicios.



Figura 9. Tramo de estribo 2 de la pasarela montado (izquierda) y estribo 2 hormigonado con jácenas embebidas (derecha).



Figura 10. Proceso de montaje del tramo 2 de la pasarela.

## 6. Resumen de datos relevantes

- Promotor: Área Metropolitana de Barcelona (AMB).
- Proyecto constructivo y dirección de las obras: AMB y Ingeniería Reventós, S.L.
- Contratista: Excavaciones y construcciones Benjumea, S.A.
- Taller metálico: Oxicorte Goded, S.L.
- Fecha del Proyecto ejecutivo: 12/2017
- Duración de las obras: 12/2018 – 07/2019.
- PEM (ejecutado): 197.366,00 € (solo pasarela).
- PEM/m<sup>2</sup>: 1.488,43 €/m<sup>2</sup>.
- PEC (sin IVA): 234.865,54 €.

- Longitud total: 40,29 m
- Distribución de vanos: 32,87 + 3,00 m.
- Ancho útil: 3,00 m
- Canto de estructura: 1,50 m.
- Superficie: 132,6 m<sup>2</sup> (solo pasarela).
- Acero estructural: 43.908 kg.
- Cuantía de acero: 300 kg/m<sup>2</sup>.

### Referencias

- [1] M. Guisasola, Bicontentio sinus footbridge in Martutene (San Sebastián), Footbridge 2017 Berlin, 2017.
- [2] T. Helbig, T. Müller, M. Oppe, More than a footbridge – The new Baakenhafen Crossing, Footbridge 2017 Berlin, 2017.
- [3] M. Reventós, J. Guàrdia, D. Berdiel, Diseño de pasarelas low-cost, VII Congreso de ACHE, 2017.



Figura 11. Pasarela terminada y abierta al público