

Rehabilitación de las pasarelas de Can Grau y Molí d'en Fontanet sobre el río Ripoll en Sabadell

Rehabilitation of the Can Grau and Molí d'en Fontanet footbridges over the Ripoll River in Sabadell

Manuel Reventós Rovira^a, Jaume Guàrdia Tomàs^b

^a Administrador. Enginyeria Reventós, SL.

^b Responsable de Departamento de Estructuras. Enginyeria Reventós, SL.

RESUMEN

Las pasarelas de Can Grau y del Molí d'en Fontanet se construyeron en 1964 como parte de las obras de Encauzamiento del Río Ripoll en el municipio de Sabadell, obras motivadas por las históricas avenidas de 1962. Estas eran de una tipología innovadora en España en aquella época, tipo cantilever atirantadas formadas por 3 tramos isostáticos. Después de varias inspecciones e informes técnicos se determina la necesidad de restaurarlas completamente, con la peculiaridad de que el Ayuntamiento las tiene catalogadas, por lo que en su restauración se mantiene la tipología, volumetría y materiales, pero satisfaciendo los estándares y normativas actuales.

ABSTRACT

The Can Grau and Molí d'en Fontanet footbridges were built in 1964 after the historic flash floods in 1962, as part of the Ripoll River Channelling works in Sabadell. These footbridges are cable-stayed cantilevers with three isostatic spans, an innovative typology in Spain at that time. After several inspections and technical reports, a complete restoration has been deemed necessary, with the unique requirement that the City Council has classified them as heritage structures. Therefore, the restoration will maintain their original typology, shape and materials while ensuring compliance with current standards and regulations.

PALABRAS CLAVE: Tirantes, cable FLC, rehabilitación, pasarela, patrimonio.

KEYWORDS: Cable-stayed, FLC cable, renovation, footbridge, heritage

1. Emplazamiento y contexto histórico

La noche de 25 de septiembre de 1962 hubo una riada en las comarcas del Vallés, en el Área Metropolitana de Barcelona, que tuvo efectos catastróficos en pérdidas humanas y materiales. Arrasó con pasarelas, vados y puentes, y en noviembre del mismo año hubo nuevas riadas violentas. La Confederación Hidrográfica del Pirineo Oriental (CHPO) impulsó el proyecto de

acondicionamiento de las márgenes, que incluía la ampliación y limpieza del cauce, la construcción de muros de hormigón, protección de taludes, la construcción de presas agrícolas y de varios accesos, incluidas 3 pasarelas.

Una de estas se demolió hace tiempo en la construcción de un nuevo puente y las otras dos

forman parte del proyecto y obra de rehabilitación descritos en este artículo.

LA VANGUARDIA

BARCELONA
Jueves 27 de septiembre de 1962
FUNDADORES: DON CARLOS Y DON BARTOLOME OCHOA

Edición y Administración: FELATO, M.
Teléfono: 221.41.35
Precio de este ejemplar: 150 pts.
Año LXXVIII - Núm. 23.955



Figura 1. Portada de La Vanguardia del 27 de septiembre de 1962.

El “Proyecto de acondicionamiento del cauce del Río Ripoll en el Término Municipal de Sabadell” de 28 de febrero de 1963, fue firmado por el ingeniero Albino Lasso Conde y supervisado por el jefe de sección Sr. Paredis, con el visto bueno del Director de la Confederación Hidrográfica del Pirineo Oriental, Juan Montañés. Posteriormente, la CHPO se transformó en la actual Agencia Catalana del Agua (ACA)

El autor del proyecto, Albino Lasso Conde, ingeniero de caminos, canales y puertos, se había exiliado a Sudamérica durante la primera etapa del franquismo, debido a su pasado republicano. En los años 60 regresó, fue readmitido en el cuerpo de ingenieros de caminos, canales y puertos, y fue destinado como Ingeniero Jefe a la Confederación Hidrográfica del Pirineo Oriental. Gracias a su

conocimiento de la ingeniería americana, propuso construir las pasarelas de tipología *cantilever* sostenidas por tirantes, una opción novedosa en España, pero que resultaba ser la opción más económica y rápida de construir.

Las pasarelas se terminaron en la primavera de 1964; en concreto, se construyeron a lo largo de 1963 y los primeros meses de 1964.

A título informativo, el coste PEM de una pasarela fue de 755.053,33 PTA, equivalentes a 4.537,96 €. Esto representa un coste unitario de 45 €/m²; hoy en día estaríamos hablando de unos 1.100 €/m², es decir, 24 veces más en 61 años.



Figura 2. Imagen de la Fábrica de Grau, S.A. inundada después de la avenida de 1962.

El Ayuntamiento de Sabadell, consciente de que las pasarelas tenían un potencial valor patrimonial encargó el un estudio de las pasarelas del Río Ripoll como bien emergente [1] que recoge la descripción de las pasarelas del proyecto original y la conversación con José Pascual Bendicho Joven, ingeniero de la CHPO en esa época:

Pasarelas para peatones.- Para el acceso del personal a algunas de las fábricas y barrios de la orilla izquierda, ha sido necesario proyectar tres pasarelas. En cuanto a la elección del tipo de pasarela, se ha seguido el siguiente criterio: en primer lugar, era conveniente no reducir la sección del cauce, lo que sumado a la dificultad de cimentar sobre los arrastres del río, aconsejaba salvar el ancho del cauce de 50 m en un solo tramo. Se probaron entonces tres tipos de pasarela: pasarela colgante con vigas de rigidez, pasarela en arco tirantada y tablero inferior, y pasarela tipo cantilever sostenida por tirantes; de estos tres tipos, el primero, debido a la gran relación entre carga viva y muerta, requería una viga de rigidez demasiado

importante; el segundo tipo es difícil de ejecutar y, dada la reducida anchura de la pasarela, muy inestable ante el viento; el tercer tipo, que es el propuesto en este proyecto, es más ligero y sin duda más económico que los anteriores, y permite un montaje rápido: consiste en tres tramos biarticulados: AB, BC y CD: el Tramo AB está simplemente apoyado en los dos tramos extremos; estos están apoyados en el lado del estribo y sostenidos por un tirante en el otro extremo; la estructura de la pasarela es así la de un puente cantilever invertido. Los tirantes de sustentación pasan sobre unos pilones y se anclan con contrapesos de hormigón de 150 kg; los tramos biapoyados están formados por vigas metálicas de perfil laminado I45; las rótulas interiores se constituyen simplemente por bridas atornilladas sin resistencia a la flexión; las rótulas de los estribos son simples piezas de apoyo sobre capa de plomo; la compresión transmitida por los tirantes al tablero de los tramos exteriores se transmite a los apoyos mediante una chapa de sustentación; el puente está arriostrado transversalmente y los tramos extremos sostenidos por vientos horizontales. La anchura del tablero es de 2 m y las luces de los tramos de 16,80 m; la altura útil de los pilones es de 8 m.



Figura 3. Alzado de la estructura.

Esteve Canyameres, quien tuvo la oportunidad de entrevistarle, comenta lo siguiente:

El Sr. Albino Lasso Conde, el ingeniero de caminos, canales y puertos responsable de la cuenca del Besós, de ideas republicanas, pasó muchos años en Estados Unidos, donde conoció todos los avances en ingeniería de los años 40 y 50. Cuando regresó, fue destinado a la Confederación de la cuenca del Besós. Del tiempo que pasó en Estados Unidos, además de los conocimientos técnicos y amistades, mantenía la suscripción a la revista técnica especializada Engineering News Records. Aunque era conocida en nuestro país, era difícil encontrarla en universidades y bibliotecas.

Frente a la problemática planteada en el río Ripoll, el Sr. Lasso sugirió la idea de construir pasarelas

tipo "cantilever" (en ménsula). Así, a partir del modelo publicado en un artículo de la revista *Engineering News Records*, el equipo de la Confederación encargado del proyecto realizó los planos y cálculos necesarios para adaptarlo a las necesidades locales.

El modelo era novedoso hasta el punto de que Dragados y Construcciones S.A. tuvo que importar los anclajes metálicos de las pasarelas desde el extranjero con un permiso especial. Para la obtención del permiso, los ingenieros de la Confederación tuvieron que certificar que era necesario ese tipo de modelo y tecnología de anclaje.

En el contexto de principios de los años sesenta, las tres pasarelas de Sabadell se convirtieron en una novedad. Es posible que se haya instalado alguna otra pasarela de este tipo en España, pero eso no quita mérito a las pasarelas de Sabadell por ser las primeras y por la génesis del proyecto.

Es singular y significativo el hecho de estar inspiradas en una pasarela del tipo "cantilever" extraída de un artículo publicado en uno de los números de la revista americana **Engineering News Records**, por un ingeniero conocedor de la tecnología americana.

Las pasarelas se construyeron durante el año 1963, y en el mes de junio del 63, según recuerda el Sr. Bendicho, los anclajes ya estaban hechos, y en la primavera de 1964 ya estaban terminadas, junto con el resto del proyecto de defensa y acondicionamiento del río Ripoll.



Figura 4. Vista de las pasarelas al inicio de las obras.

Con este contexto histórico, el Ayuntamiento de Sabadell decidió incluir las pasarelas dentro del Plan Especial Urbanístico de Protección del Patrimonio y Catálogo de Bienes Arquitectónicos, Históricos y Ambientales de Sabadell (PEPS), catalogándolas como Bienes con Protección Urbanística (BPU). En concreto, destacan:

-Valor histórico: Las tres pasarelas se proyectaron y ejecutaron a partir de las afectaciones causadas por las avenidas de agua en el otoño de 1962, y son referentes históricos y de recuerdo de esa época.

-Valor arquitectónico/tipológico/artístico: El modelo propuesto por el ingeniero Albino Lasso Conde estaba inspirado en modelos publicados en la revista *Engineering News Records* y fue absolutamente innovador en su época.

-Valor sociocultural y etnológico: Las avenidas de agua del otoño de 1962 provocaron muchas víctimas humanas y grandes daños en las infraestructuras de comunicación entre ambas riberas del río Ripoll.

-Valor natural/ambiental/paisajístico: A pesar de su estado, son elementos referenciales en el paisaje del entorno del río Ripoll y forman parte de la identidad que conforma este lugar.

2. Situación inicial

Desde su puesta en uso las pasarelas no tuvieron un mantenimiento adecuado; fruto del deterioro gradual el Ayuntamiento de Sabadell nos encargó un estudio donde se realizaba un análisis de la situación estructural de ambas pasarelas para determinar su estado y, si estaban en buen estado o eran recuperables, se planteaban las alternativas razonables para mantener su uso. También se revisaba el cumplimiento de la normativa vigente.

Finalmente, el Ayuntamiento cerró el uso de las dos pasarelas debido al desprendimiento de desconches del hormigón de las pilas. Lo que

desemboca en el encargo de un proyecto de rehabilitación por parte de la ACA y un posterior convenio de cesión de la infraestructura al Ayuntamiento.

2.1 Descripción de la estructura original

La tipología estructural es la de pasarelas de tirantes. Son simétricas y de dos tirantes. Tienen una luz de 50,4 m dividida en tres tramos de 16,80 m. Los tramos se conectaban entre sí mediante rótulas materializadas por bulones. Los tirantes se anclaban al tablero muy cerca (a unos 37,5 cm) del punto de conexión entre tramos. La altura estructural útil de los pilonos es de 8 m. El ángulo de los tirantes con la horizontal es de 25,46°. Los tirantes de retención son simétricos respecto al punto de apoyo sobre cada pilono.

La sección del tablero estaba formada por dos vigas IPN450 separadas 2 m entre ejes, lo que proporcionaba un ancho total de 2,17 m a la plataforma. Las vigas estaban estabilizadas lateralmente entre sí cada 2 m mediante un perfil UPN140 y cruces de San Andrés formadas por perfiles angulares de 80 mm de largo y 8 mm de espesor, situados ambos elementos bajo el pavimento. El acero de los elementos metálicos era A37 (habitual en España y Europa en aquella época, según se deduce de la Memoria de Cálculo).

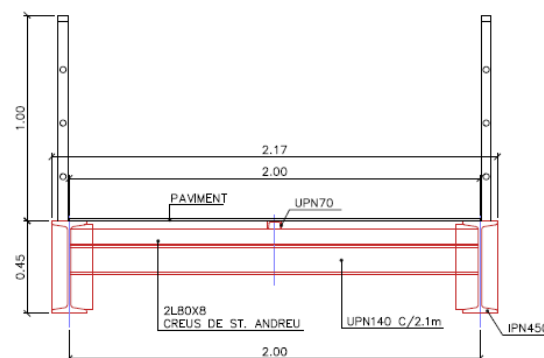


Figura 5. Sección tipo original.

Cada tirante está formado por dos parejas de cables, una pareja a cada lado de la pasarela con el eje de la pareja coincidiendo con el eje de la viga IPN450 y sus cables separados 30 cm.

Cada cable tiene 30 mm de diámetro aparente y es de composición 6x19+1, lo cual corresponde, según el catálogo de la “Sociedad Franco-Española de alambres, cables y transportes aéreos, SA.” Bilbao 1963, a una sección de 358 mm². El acero de los cables era de 140 kg/mm² de resistencia última (valor que se deduce de la Memoria de Cálculo y del catálogo).



Figura 6. Imagen del cable original.

Los anclajes de los cables al tablero estaban formados por un conjunto de dispositivos: primero, argolla y mordaza, luego un tensor de grandes dimensiones y, finalmente, bulones curvos de 30 mm de diámetro soldados a las vigas IPN450. Cada cable era pasante a través de la pila por unos orificios y deslizaban encima de una silla metálica de radio 91 cm. Los cables estaban embebidos en bloques de hormigón en los anclajes al terreno. Los bloques enterrados eran (según la memoria de cálculo) de 76,2 T o 31,75 m³, funcionando por peso y fricción, sin tener en cuenta la resistencia lateral del terreno.

El pilono es de hormigón armado con una dosificación de 300 kg de cemento por m³ (equivalente a un hormigón HA-25). Los pilonos están formados por dos pilares y dos travesaños. Los fustes tienen 0,60 m de ancho constante (según la sección de la pasarela) y espesor variable: 1,20 m en la base y 0,80 m en la silla, con el paramento exterior vertical y el interior inclinado. Un travesaño se encuentra sobre el nivel de las sillas y el otro a media altura; el canto de ambos es de 60 cm, la anchura del intermedio corresponde al espesor del pilar (que es variable) y la anchura del superior es de 40 cm. El

travesaño superior tiene dos pináculos de 1 m de altura sobre los pilares.



Figura 7. Imagen del anclaje.

Las pasarelas, transversalmente y contra la acción del viento, también tienen tirantes, pero en un plano horizontal. Estaban estabilizadas por 4 cables horizontales de 14 mm de diámetro aparente, composición 1x37+0 y 164 mm² de sección (según el catálogo de la “Sociedad Franco-Española de alambres, cables y transportes aéreos, SA.”). Los cables están a 45° y se anclan al tablero en los puntos de contacto entre tramos.

Las características geométricas y estructurales de ambas pasarelas son casi idénticas, diferenciándose solamente los muertos de los tirantes principales. En Can Grau, el anclaje de la orilla derecha no es un bloque enterrado; los cables se anclan en un muro con contrafuertes (debido a la presencia del edificio que se encuentra detrás). En la otra orilla, están enterrados, como todos los anclajes de Torre-Romeu. Los niveles de anclaje respecto al rasante del puente varían un poco en los diversos bloques enterrados por razones locales, lo que cambia la longitud de los cables en la zona de retención, entre la cabeza del pilono y el anclaje al bloque.

También eran diferentes los acabados de pavimento y barandillas que seguramente tampoco no eran los originales.



Figura 8. Vista de la pila en el estado inicial.

2.2 Patologías detectadas

En los informes iniciales y durante el proyecto se realizaron inspecciones para evaluar el estado de la estructura. También se realizaron además extracciones de testigos de hormigón de las pilas y de los bloques de anclaje, extracción de probetas de acero e inspección visual de puntos inaccesibles, como bajo el tablero y las sillas de los tirantes en las pilas. Los aspectos más relevantes de las inspecciones se resumen en los siguientes puntos:

1. Corrosión de elementos metálicos: Se detectó corrosión en los cables de acero y los anclajes, pérdida de sección en algunos tirantes y corrosión en la silla de apoyo pasante de las pilas. Además, algunos de los tirantes estaban sin carga comparados con

los otros. También se habían destesado o perdido completamente algunos de los tirantes horizontales. Respecto al tablero había zonas puntuales de corrosión importante y una de las rótulas del tablero tenía un perno roto.

2. Fisuración y desconches en el hormigón de pilares y bloques de anclaje.
3. Degradación del pavimento de las pasarelas por corrosión, rotura de soldaduras y la malla electrosoldada estaba colocada en la dirección opuesta al a resistente.
4. Daños en las barandillas debido a la corrosión o rotura de la soldadura de la base. Geométricamente tampoco cumplía con la accesibilidad.
5. Inadecuación de los bloques de anclaje. El sistema no permitía la sustitución o retesado de los tirantes. Además, no se tenía certeza de la geometría de los muertos de retenida ni de su capacidad resistente.
6. Las estructuras vibraban de forma notable, se leían aceleraciones de 0,2 g solamente por el paso de peatones, y de 1,2 g con el paso corriendo.



Figura 9. Detalle del anclaje en el terreno.

3. Descripción de la solución

Analizada la situación inicial se determinaron los siguientes condicionantes de la actuación:

1. Mantener la volumetría de las pasarelas debido a la protección patrimonial.
2. Restaurar o sustituir todos los elementos degradados.

verificaban los estándares de seguridad y mantenimiento actuales.

Los tirantes nuevos son galvanizados para garantizar su durabilidad; además, el tipo de anclajes permitirá su inspección mediante gatos para verificar la tensión y facilitar su reemplazo, características que no poseen los tirantes actuales.

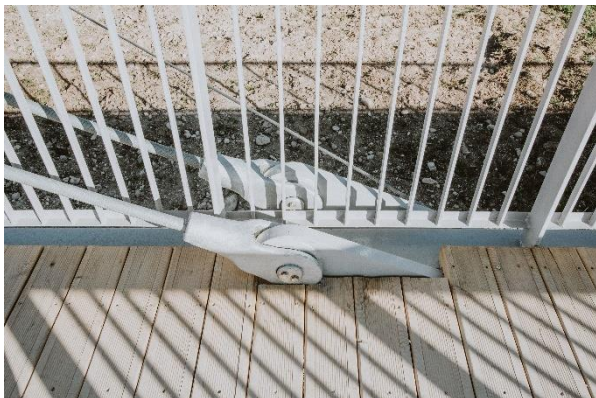


Figura 13. Anclaje del tirante en el tablero.



Figura 14. Anclaje del tirante en el muerto.



Figura 15. Silla de apoyo de los tirantes en las pilas.

4. Proceso constructivo y ejecución de la obra

Los puntos clave de la construcción de las pasarelas han sido los siguientes:

Primero el desmontaje de las estructuras existentes. Se ha aprovechado el esquema estructural para desmontar primero el tramo central entre tirantes y posteriormente los tramos laterales. De esta forma se desmontaron las 2 pasarelas con una sola grúa ubicada en una sola posición.



Figura 16. Vista del desmontaje de la pasarela de Can Grau.

La rehabilitación de las pilas ha seguido el siguiente procedimiento: chorreo abrasivo de toda la superficie; repicado del hormigón deteriorado; chorreo y saneo de las armaduras; refuerzo del armado con pérdida de sección; aplicación de pasivante de la armadura y puente de unión; reconstrucción de la sección con mortero de reparación; aplicación de un inhibidor de la corrosión; y aplicación de la pintura anticarbonatación.

Los encajes por donde pasan los tirantes también se han rehabilitado de la siguiente forma: ensanchamiento de la perforación para poder pasar el tirante; saneo del hormigón; aplicación del mortero de reparación; posicionamiento de la nueva silla donde apoyan los tirantes; y reparación del ensanchamiento.



Figura 17. Vista la rehabilitación de las pilas.

En el montaje de la pasarela se ha montado el tablero completo en una operación. Una vez posicionado, se han ensamblado los 8 tirantes y se han tesado gradualmente de forma simultánea hasta descargar la grúa. Finalmente se han acabado de tesar hasta conseguir la contraflecha designada en el proyecto.

Para controlar la operación se limitó a 33 mm el descenso máximo que podía tener el tablero en la transmisión de cargas entre grúa y tirantes. Y al final del tesado de los tirantes se debía tener una contraflecha de 30 mm. De esta forma se garantizó que no se descolgaban en exceso los momentos positivos y que una vez colocados los acabados las pasarelas quedaban a la cota del proyecto.



Figura 18. Montaje de la pasarela del Molí d'en Fontanet.

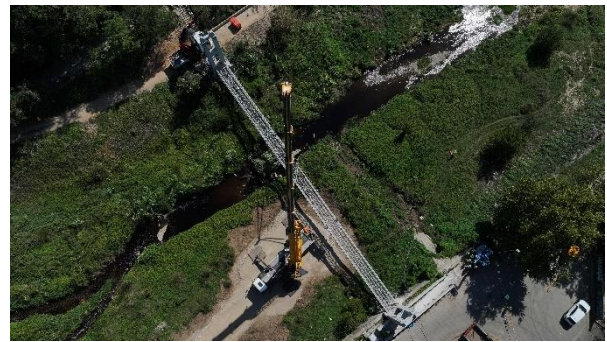


Figura 19. Montaje de la pasarela del Molí d'en Fontanet.

Por último, se ha realizado la prueba de carga estática y una dinámica con resultados satisfactorios. Las flechas obtenidas han sido de promedio 38 mm respecto los 40 mm previstos. Y la aceleración medida con el paso peatonal ha sido de 0,11 g, que es la mitad de lo que se midió con la pasarela inicial.



Figura 20. Prueba de carga estática en Can Grau.

Posteriormente se han montado los acabados, que han consistido en el pavimento y pasamano de madera de pino con tratamiento de autoclave. La barandilla tiene una altura de 110 cm y es metálica formada por montantes que coinciden con la posición de los rigidizadores verticales, y por pletinas de 30x10mm verticales cada 10 cm. La junta de dilatación es de acero inox.



Figura 21. Acabados de las pasarelas.

Toda la zona del río afectada por las obras se ha rehabilitado medioambientalmente según los criterios de la ACA. Se ha eliminado la caña americana y sus rizomas (especie invasora) y se han plantado especies autóctonas.



Figura 22. Vista de las pasarelas terminadas.

5. Conclusiones

El hecho de trabajar en una rehabilitación de una obra existente es una oportunidad para poner en valor el patrimonio de las infraestructuras y destacar la contribución de la ingeniería civil en la construcción de la sociedad moderna. En el caso que nos ocupa, estas pasarelas totalmente desconocidas tienen un valor técnico por su tipología pionera y son de gran importancia social debido a la memoria colectiva en los barrios que se ubican.

6. Resumen de datos relevantes

- Promotor: Agencia Catalana de l'Aigua (ACA).
- Titular final: Ayuntamiento de Sabadell.
- Inspección, proyecto constructivo y dirección de las obras: Enginyeria Reventós, S.L.
- Contratista: José Antonio Romero Polo, S.A.U.
- Taller metálico: JS Metallic Solutions
- Tirantes: VSL – Readelli
- CSS: 21g, SL
- Control de Calidad: Labocat Calidad, SL

- Fecha del Estudio previo: 12/2015
- Fecha del Proyecto ejecutivo: 02/2021
- Duración de las obras: 12/2022 – 11/2023.
- PEM: 768.3.97,22 €.
- PEM/m²: 3.252,90 €/m².
- PEC (sin IVA): 914.392,69 €.
- Luz Can Grau: 50,80 m.
- Luz Molí d'en Fontanet: 50,30 m.
- Ancho total: 2,19 m.
- Ancho útil: 1,80 m.
- Canto estructura: 0,50 m.
- Cuantía de acero: 184 kg/m²
- Longitud de tirantes: 366 m/pasarela

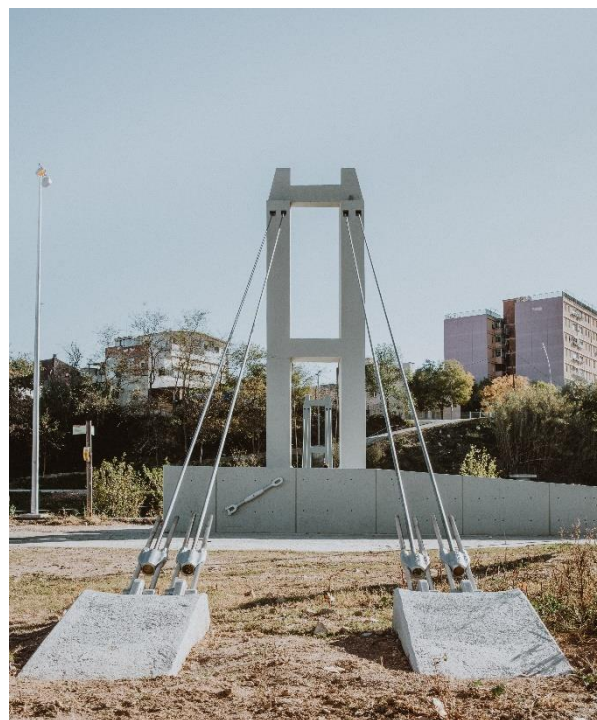


Figura 23. Vista de las pasarelas terminadas.

Referencias

- [1] D. Laudo, Estudi històric i arquitectònic de les passeres del riu Ripol al terme municipal de Sabadell, Sabadell, 2008.