



Escola de Camins
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports
UPC BARCELONATECH

Pasarela ciclo-peatonal sobre la riera del Palau.

Treball realitzat per:

Marc Reina Redondo

Dirigit per:

Ángel Carlos Aparicio Bengoechea

Grau en:

Enginyeria d'Obres Públiques

Barcelona, 23 de setembre de 2016

Departament d'Enginyeria de la Construcció

TREBALL FINAL DE GRAU



ÍNDICE

**PASARELA CICLO-PEATONAL SOBRE LA
RIERA DEL PALAU (TERRASSA)**

Tabla de contenidos

DOCUMENTO Nº1: MEMORIA Y ANEJOS

- Memoria descriptiva
 - Anejos a la memoria
 - Anejo nº 1A – Antecedente y razón de ser.
 - Anejo nº1B – Ordenación urbanística
 - Anejo nº 2 – Reportaje fotográfico
 - Anejo nº 3 – Topografía y replanteo.
 - Anejo nº 4 – Geología y geotecnia
 - Anejo nº 5 – Hidrología, hidráulica y climatología.
 - Anejo nº 6 – Análisis de alternativas.
 - Anejo nº 7 – Expropiaciones y servicios afectados.
 - Anejo nº 8 – Sismicidad.
 - Anejo nº 9 – Cálculo estructural
 - Anejo nº 10 – Trazado.
 - Anejo nº 11 – Firmes y pavimentos.
 - Anejo nº 12 – Drenaje.
 - Anejo nº 13 – Renderización.
 - Anejo nº 14 – Iluminación.
 - Anejo nº 15 – Protección y conservación.
 - Anejo nº 16 – Estudio de impacto ambiental.
 - Anejo nº 17 – Gestión de residuos.
 - Anejo nº 18 – Control de calidad.
 - Anejo nº 19 – Procedimiento constructivo.
 - Anejo nº 20 – Plan de obra.
 - Anejo nº 21 – Justificación de precios.
 - Anejo nº 22 – Presupuesto para conocimiento de la Administración.

DOCUMENTO Nº 2 – PLANOS

- Situación.
- Emplazamiento.
- Definición general.
- Perfil de terreno.
- Replanteo.
- Estribos.
- Definición geométrica.
- Soldaduras en las celosías.
- Soldaduras en el tablero.
- Juntas de dilatación.
- Neoprenos confinados.
- Barandilla.
- Procedimiento constructivo.
- Renderización.

DOCUMENTO Nº 3: PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS

DOCUMENTO Nº 4: PRESUPUESTO

- Mediciones.
- Cuadro de precio nº1.
- Cuadro de precios nº2.
- Presupuesto.
- Resumen de presupuesto.
- Última hoja.

DOCUMENTO Nº 5: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

- Memoria.
- Fichas.
- Planos.
- Pliego de condiciones.
- Presupuesto



Documento No. 1

MEMORIA

**PASARELA CICLO-PEATONAL SOBRE LA
RIERA DEL PALAU (TERRASSA)**

Tabla de contenidos

1.	Contextualización y razón de ser del proyecto	3
2.	Antecedentes y estado actual	3
3.	Objetivos generales del proyecto	5
4.	Condicionantes generales del proyecto	7
4.1.	<i>Marco geográfico</i>	7
4.2.	<i>Urbanismo</i>	7
4.3.	<i>Topografía</i>	8
4.4.	<i>Geología y geotecnia</i>	8
4.5.	<i>Hidrología e hidráulica</i>	10
4.6.	<i>Efectos sísmicos</i>	11
4.7.	<i>Trazado</i>	11
5.	Análisis de alternativas	12
5.1.	<i>Condicionantes a destacar</i>	13
5.1.1.	<i>Ancho de la plataforma</i>	13
5.1.2.	<i>Estética</i>	16
5.2.	<i>Tipología de puentes propuestos</i>	18
5.2.1.	<i>Puente viga</i>	18
5.2.2.	<i>Puente en celosía</i>	20
5.2.3.	<i>Puente pórtico</i>	22
5.2.4.	<i>Puente arco</i>	24
5.2.5.	<i>Puente atirantado</i>	26
5.3.	<i>Descripción de la solución adoptada</i>	29
6.	Expropiaciones y servicios afectados	32
7.	Cálculo de estructuras	33
7.1.	<i>Descripción de la estructura</i>	33
8.	Firmes y pavimentos	34
9.	Drenaje	37
10.	Iluminación	37
11.	Protección y conservación	38
12.	Estudio de impacto ambiental	38

13.	Gestión de residuos.....	39
14.	Procedimiento constructivo.....	39
14.1.	Trabajos previos (Fase 1)	39
14.2.	Excavación (Fase 2).....	40
14.3.	Transporte de las tierras (Fase 3)	40
14.4.	Ejecución de estribos (Fase 4)	40
14.5.	Relleno de la zona en la que se ubican los estribos (Fase 5)	41
14.6.	Recepción de elementos y montaje en la zona de trabajo de los cordones (Fase 6)	41
14.7.	Montaje del tablero y de la plataforma (Fase 7)	41
14.8.	Colocación con grúa de alta capacidad (Fase 8)	42
14.9.	Acabados (Fase 9)	42
15.	Selección de la grúa móvil autopropulsada	42
15.1.	Determinación de la carga máxima necesaria	42
15.2.	Determinación del alcance máximo necesario	44
15.3.	Condiciones de operación	47
16.	Iluminación	47
17.	Control de calidad	47
18.	Seguridad y salud	48
19.	Justificación de precios	48
20.	Revisión de precios	48
21.	Clasificación del contratista	49
22.	Presupuesto para conocimiento de la administración	49
23.	Documento que integran el proyecto	50

1. Contextualización y razón de ser del proyecto

El proyecto a desarrollar se ubica en la ciudad catalana de Terrassa. Con él se busca complementar el ***Proyecto ejecutivo para garantizar la estabilidad y seguridad del margen de la Ronda de Ponent con la riera del Palau entre la Avda. Abat Marcet y el puente del Ferrocarril¹*** presentado por el servicio de Proyectos y Obras del Ayto. de Terrassa.

Con la realización de una solución alternativa a la pasarela peatonal que se halla sobre la riera del Palau como prolongación a la calle de les Vinyoles se pretende materializar la conexión entre dos barrios mediante una obra de paso. Con dicho enlace se han de resolver los problemas de la pasarela existente respecto a los *Estados Límites de Servicio*, en particular el ELS de **vibración**.

Debido a que el proyecto ejecutivo sobre la estabilidad de los márgenes de la riera del Palau lo contempla, en el presente documento se tendrá en cuenta la actuación sobre los taludes de la misma para evitar el descalce de la cimentación de la estructura.

Sin minusvalorar todos los condicionantes expuestos hasta el momento, se perseguirá concebir la pasarela como un elemento singular con una cierta connotación estética. La obra ha de ser capaz de contribuir a la creación de lugar atendiendo de igual forma a la funcionalidad del enlace².

2. Antecedentes y estado actual

El proyecto que nos ocupa se ubica en el término municipal de **Terrassa**, localidad perteneciente a la comarca catalana del Vallés Occidental. La pasarela peato-

¹ AJUNTAMENT DE TERRASSA “Proyecto ejecutivo para garantizar la estabilidad y seguridad del margen de la Ronda de Ponent con la riera del Palau entre la Avda. Abat Marcet y el puente del Ferrocarril.” Servei de Projectes i Obres, Terrassa, 2016.

² AGUILÓ, Miguel “El paisaje construido. Una aproximación a la idea de lugar.” Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid, 1999.

nal conecta los barrios periféricos situados al noroeste (NW) de la ciudad como son el de *Can Boada del Pi* y *Can Boada Casc Antic* separados por el trasvase de la *riera del Palau*. Se plantea dicha obra de paso como prolongación de la calle de las Vinyoles que da acceso a un sector de la ciudad con un importante número de equipamientos públicos por los que transitan diariamente centenares de estudiantes.

La pasarela actual se construyó en la década de 1980 tras una mejora urbana del sector de la ronda de Ponent. La necesidad de esta obra de paso radicaba en materializar la conexión a pie entre dos barrios colindantes que habían dejado de estarlo debido al trasvase de la riera del Palau llevado a cabo en 1965 tras la catastrófica avenida torrencial de 1962.

La riera del Palau junto con la riera de las Arenas forman, aguas abajo, la riera de Rubí, la cual se comunica con el río Llobregat. La cuenca de esta riera se halla delimitada por las sierras de las Pedritxes y la sierra del Troncó, mientras que queda constituida por los torrentes de Fontalba, Can Bogunyà y el de Mitger de Ca n' Amat. Precisando, hemos de indicar que la unión entre los torrentes de Can Bogunyà y el de Fontalba originan la riera de Can Bogunyà que en su paso por el municipio egarense recibe el nombre de la riera del Palau.

Como introducíamos con anterioridad, el trasvase de esta riera se efectuó en 1965 tras la denominada Gran Riada del Vallés, la cual es considerada una de las mayores catástrofes hidrológicas de la historia de España causando más de 400 víctimas en la ciudad y una cifra cercana 700 en toda la comarca. El trasvase fue resuelto con taludes de gran altura caracterizados por sus secciones irregulares y sus pendientes tendientes a la verticalidad.

Tras esto y con el desarrollo económico de la zona vivido desde 1970 se proyecta unos años más tarde la construcción de una pasarela peatonal que dé continuidad al itinerario de transeúntes de la ciudad. Con él se atendió una necesidad que era la de mejorar el acceso a los centros educativos dispuestos en Can Boada del Pi, es decir en el barrio más periférico del noroeste de la localidad, desconectado del resto del distrito por la riera del Palau. Con el transcurso de los años los taludes que conforman el trasvase

se han ido erosionando debido a la conjunción entre las acciones del viento y el agua, y la verticalidad de los mismos.

La pasarela desde un inicio ha presentado unos problemas funcionales correspondientes a las vibraciones y a una deformación excesiva. Además, dispone de un ancho insuficiente y su acceso para personas con movilidad reducida, factores que generan una clara incapacidad para absorber el vasto tráfico que induce el período lectivo. Debido a esto se decide diseñar una nueva obra de paso que cumpla con éxito los estados límites tanto de servicio como últimos siguiendo una serie de criterios de notable importancia para el resultado final:

- Conectar los barrios de Can Boada del Pi y el de Can Boada Casc Antic habilitando la pasarela para que sea un activo funcional en la red principal de transeúntes de la ciudad de Terrassa proporcionando un trayecto peatonal fluido y apacible.
- Proporcionar a la pasarela de un carril bici con perspectiva a estar preparado a los cambios que supondrá la aprobación de un nuevo POUM en la legislatura 2015-2019. Siendo los centros educativos focos de movilidad la pasarela deberá ser capaz de aglutinar el tráfico de bicicletas en el período lectivo y por tanto formar parte de una futura ampliación de la red principal de bicicletas de Terrassa.
- Facilitar el acceso para personas con movilidad reducida eliminando barreras arquitectónicas e incrementando el ancho de plataforma.
- Dotar a la obra de una estética que singularice el lugar, puesto que comunica la urbe³ con la vertiente sur de la sierra del Obac que junto a Sant Llorenç conforman el Parque Natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obac.

3. Objetivos generales del proyecto

El objetivo de este proyecto es el diseño de una solución alternativa a la pasarela

³ Terrassa es el cuarto municipio de Cataluña con mayor número de habitantes y el vigésimo cuarto de España con 215.214 habitantes según datos del Consistorio egarense del año 2015.

peatonal que cruza la riera del Palau en la localidad de Terrassa como prolongación a la calle de les Vinyoles.

Se pretende que el puente quede integrado satisfactoriamente en el entorno en cual se encuentra. El diseño y su concepción han de ser capaces de trabajar de una forma medioambientalmente sostenible respetando las particularidades del lugar. Además, ha de permitir mejorar la conexión no motorizada entre los barrios de Can Boada del Pi y Can Boada Casc Antic, fomentando simultáneamente las redes principales de transeúntes y de bicicletas.

Se propone una solución alternativa para paliar los defectos relativos a los estados límites de deformación y vibración, para acabar con las barreras arquitectónicas que padecen las personas con movilidad reducida y eliminar el riesgo de descalce de la cimentación. El proyecto tiene el propósito de incorporar una cierta connotación estética al puente para visibilizar la armonización que él mismo representa entre territorio urbano y espacio rural.

Este proyecto pretende complementar al ***Proyecto ejecutivo para garantizar la estabilidad y seguridad del margen de la Ronda de Ponent con la riera del Palau entre la Avda. Abat Marcet y el puente del Ferrocarril*** presentado por el servicio de Proyectos y Obras del Ayto. de Terrassa. Se planteará una solución para estabilizar los taludes de los márgenes de la Ronda de Ponent en las secciones situadas en los alrededores al emplazamiento de la pasarela.

El proyecto muestra una serie de alternativas para la solución final de las que se escogerá la más óptima para desarrollarla en detalle. Para ello se tendrán en cuenta distintos factores que pueden influir en la elección como son los condicionantes propios del emplazamiento, las características estructurales de los elementos potenciales a emplear, aspectos sociales, viabilidad económica y optimización de recursos, viabilidad técnica, estética, funcionalidad, etc.

En definitiva, la finalidad del proyecto que nos ocupa es discernir entre diferentes alternativas y seleccionar la solución óptima para la pasarela peatonal y definir en detalle el proyecto constructivo que serviría de base para una hipotética ejecución.

4. Condicionantes generales del proyecto

4.1. Marco geográfico

La pasarela peatonal del proyecto emana de la necesidad de formar parte del nuevo Plan de Movilidad Urbana de Terrassa 2016-2021 con objeto de descongestionar el puente funcionalmente mixto (vehículos rodados y transeúntes) de la calle Joan D'Àustria. Este puente recibe unos 5.000 transeúntes⁴ por día por los problemas sufridos por la pasarela que prolonga la calle de les Vinyoles. La pasarela deberá ser capaz de conectar los barrios de Can Boada del Pi y de Can Boada Casc Antic mejorando la vertebración del distrito IV de Terrassa. El puente se ubica en el noroeste de la localidad. El estribo oeste se encuentra en el cruce de la calle de les Vinyoles con la rama oeste de la Ronda de Ponent, mientras que el estribo este se halla en la intersección de la vía este de la Ronda de Ponent con la calle Teide. Ambos extremos tienen una notable importancia debido a que el sector oeste ha de facilitar el acceso a una zona con alta densidad de población que comparten con centros educativos y el este ha de habilitar el tránsito hacia la zona residencial de Can Boada Casc Antic y a la futura estación de cercanías de Renfe de la línea R4⁵.

4.2. Urbanismo

La pasarela actual que cruza la riera del Palau prolongando la calle de les Vinyoles fue concebida en el Plan General de Ordenación Urbanística de 1983, que venía a reemplazar el denominado *Plan General de Joan Baca (1965)* y que sentaba las bases para paliar la desestructuración urbanística vivida en los años previos como consecuen-

⁴ AJUNTAMENT DE TERRASSA y DIPUTACIÓ DE BARCELONA "Pla de mobilitat urbana de Terrassa (2016-2021)." Intelligent Mobility, Lavola y Mcrit, 2016.

⁵ AUTORITAT DEL TRANSPORT METROPOLITÀ "Pla Director d'Infraestructures del transport públic col·lectiu de la regió metropolitana de Barcelona (2011-2020)." Consell d'Administració de l'ATM i Consell Executiu de la Generalitat de Catalunya, 2011.

cia de la autoconstrucción de viviendas durante el auge receptivo de emigrantes, mayoritariamente, del sur de España. La pasarela se volvió necesaria con la construcción durante los primeros años de la década de 1970 de los edificios residenciales de Can Boada del Pi, permitiendo a los ciudadanos atravesar la riera del Palau sin necesidad de desplazarse hacia los puentes funcionalmente mixtos de las calles Joan d'Àustria y Romeu de Montserrat. La construcción de la nueva pasarela permitirá adaptar el puente a las nuevas necesidades de los usuarios de la misma tanto en la actualidad como en un futuro próximo con la construcción de una nueva estación de cercanías de la línea R4 de Renfe.

4.3. Topografía

El proyecto está definido bajo la topografía facilitada por el servicio de proyectos y obras del Ayuntamiento de Terrassa a una escala de 1:400. Las coordenadas para llevar a cabo el trabajo de levantamiento topográfico fueron relacionadas con las bases del Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña, específicamente con el vértice geodésico referenciado con el número 285117025.

Se ha empleado el sistema de referencia terrestre europeo de 1989, cuyo acrónimo anglosajón es ETRS89/00.

Para que quede constancia de ello, las características de la cartografía topográfica cedida para un uso puramente académico son:

- *Fecha de realización:* Diciembre de 2015
- *Realización llevada a cabo por:* Acimut Topografía S.L.U
- *Promotor:* Convenio del Ayuntamiento de Terrassa junto con la Diputación de Barcelona y el Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña.

4.4. Geología y geotecnia

El proyecto precisa de una caracterización geológica y geotécnica detallada. Nos

servirá para poder determinar la viabilidad técnica de la solución propuesta para las cimentaciones del puente. Para poder satisfacer dicha necesidad se ha analizado el mapa geológico a escala 1:50.000 (hoja 40 de la comarca del Vallés Occidental) facilitado por el Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña, pero debido a los problemas relativos al descalce de la cimentación oeste era necesario mayor profundidad en los parámetros. Para ello se obtuvo el estudio geológico llevado a cabo por la empresa Geoplanning Estudios Geológicos SL.

El proyecto cuenta con la definición de un perfil de los estratos existentes en la zona en el que se indica la tipología de suelo de la riera del Palau y en concreto de la zona en la que se emplazará la solución alternativa a la actual. Dicho estudio geotécnico que ha sido promovido por el Ayuntamiento de Terrassa para la realización del **Proyecto ejecutivo para garantizar la estabilidad y seguridad del margen de la Ronda de Ponent con la riera del Palau entre la Avda. Abat Marcet y el puente del Ferrocarril** cuenta con unos seis sondeos ejecutados a lo largo del trasvase que nos permiten disponer de unos datos lo suficientemente concluyentes como para conocer la disposición y las características de los estratos.

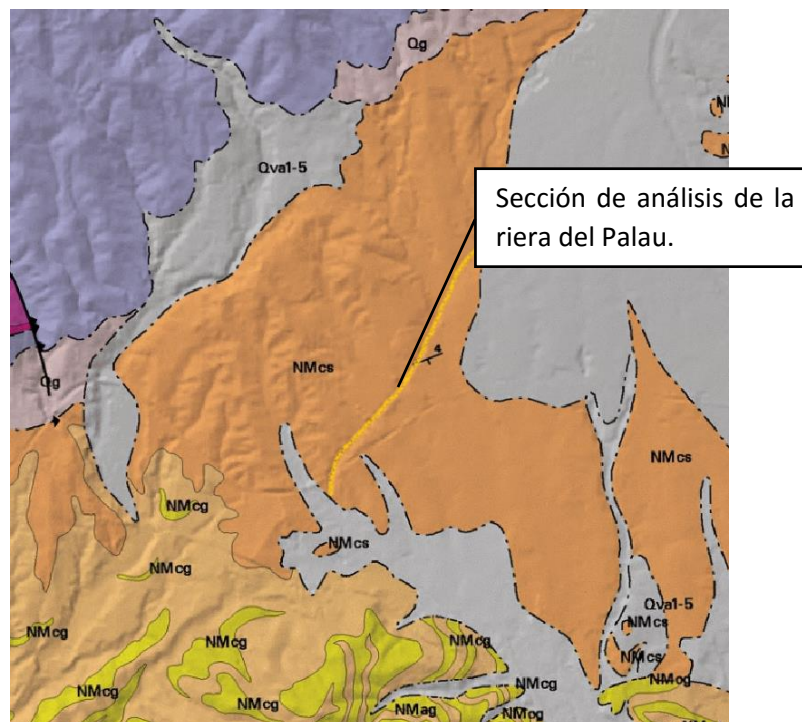


Imagen 1. Mapa geológico 1:50.000 (Fuente ICGC)

La riera del Palau se halla en la Depresión Tectónica del Vallés. El lugar está compuesto por materiales detríticos, la mayoría de los cuales son limos, conglomerados y arcosas (areniscas de cuarzo) que se alternan con capas arcillosas. Estos depósitos de material datan de la época del Mioceno constituyendo un espesor de unos 800 metros, aunque es destacable que sobre dichos depósitos aparecen depósitos cuaternarios aluviales.

En definitiva, la campaña de ensayos nos ha permitido determinar los parámetros resistentes del suelo y se puede concluir con que el estrato donde se apoyarán las cimentaciones presenta una excelente resistencia. La capacidad portante del suelo es aportada por la consecución de margas amarillentas con gravilla de pizarra y gravas angulosas de cuarzo que nos permitirán diseñar una solución mediante cimentación superficial.

En el anejo de geología y geotecnia se incluirán los parámetros de los estudios y las conclusiones mencionadas. Aunque es importante destacar que se trabajará sobre limo arenoso.

4.5. Hidrología e hidráulica

Para poder dotar al proyecto de mayor viabilidad es necesario realizar un estudio de la cuenca a la que pertenece la riera del Palau con el objetivo de conocer los caudales y las precipitaciones existentes en la zona del emplazamiento. Dicho análisis se realizará mediante el Método de Témez .

Con los valores obtenidos en la actuación anterior se ejecutan los cálculos pertinentes para hallar los caudales máximos según periodos de retorno diferentes de la cuenca que cruza transversalmente la pasarela peatonal.

Este último estudio de las avenidas del río podría no ser necesario considerando el puente sin ninguna pila que obstruya el cauce de la riera. Sin embargo, será de vital importancia efectuar un estudio de pluviometría sea cual sea la solución adoptada.

Para concluir, en el anejo de *Hidrología e hidráulica* (en el que se incluyen también las problemáticas relativas a la climatología) se detallan las posibles alteraciones que sufrirá la lámina de agua de la riera del Palau y se presentan los resultados obtenidos del estudio.

Se comprueba que el canal existente tiene el calado suficiente para resistir una avenida con período de retorno de 500 años.

4.6. Efectos sísmicos

Debido a la aprobación de la Norma de Construcción Sismorresistente: puentes (NCSP-07) se estableció como criterio a aplicar que la acción sísmica deberá ser considerada en aquellos proyectos u obras de nueva construcción de puentes que formen parte de la red de carreteras del Estado o de la red ferroviaria de interés general.

Debido a que el presente proyecto forma parte de la formación académica del autor se decide considerar las acciones sísmicas, ya que la aceleración horizontal básica (a_b) del emplazamiento de la pasarela es superior a 0,04g (siendo g la aceleración de la gravedad) para un período de retorno de 500 años.

El anejo cuyo título es *Sismicidad* estudia el comportamiento estructural del puente incluyendo la acción sísmica entre las cargas con las que se construyen las diferentes combinaciones.

4.7. Trazado

El anejo de trazado tiene como objetivo encuadrar la pasarela ciclo-peatonal que cruza la riera del Palau (Terrassa) junto con las futuras modificaciones de la zona urbana de los barrios de Can Boada del Pi y Can Boada Casc Antic. Es importante destacar que el trazado propuesto para la zona de la pasarela será recto en planta, pero con un acuerdo parabólico en el alzado, lo que conllevará ciertas particularidades.

Por tanto, el anejo número 10, *Trazado*, tiene como objetivos:

- Definir el trazado en planta del puente, junto con sus accesos desde ambos estribos.
- Definir el trazado en alzado del puente, junto con sus accesos desde ambos estribos.
- Definir la interrelación e interconexión entre el proyecto de la nueva pasarela ciclo-peatonal y la construcción de la estación de cercanías de Renfe (líneas R4 y R12).

5. Análisis de alternativas

El anejo tiene la finalidad de determinar la tipología estructural más adecuada para la concepción de la pasarela peatonal. Para ello, se ha llevado a cabo un análisis multicriterio a través del cual se pretende valorar los diferentes condicionantes y factores susceptibles de influir en la elección de la alternativa. El estudio tiene como objeto concluir con cuál de las propuestas es la más adecuada y cumple satisfactoriamente los requisitos que se indiquen previamente. La metodología a llevar a cabo consta de una serie de fases relacionadas entre sí que se ordenan de la siguiente forma:

- a) En primer lugar, se estudian los potenciales emplazamientos en los que ubicar la pasarela.
- b) En segundo lugar, se presentan una serie de tipologías estructurales con las que resolver el paso de peatones y bicicletas y se definen una serie de parámetros que nos permitirán valorar las ventajas y desventajas de cada alternativa.
- c) En tercer y último lugar, se selecciona la solución más completa y rigurosa que nos posibilite realizar la construcción del puente con la mayor optimización técnica y económica, siempre y cuando se respete el entorno y la idiosincrasia del lugar.

5.1. Condicionantes a destacar

5.1.1. Ancho de la plataforma

Dicha pasarela constará de dos intersecciones. La del sector este estará regulada por un semáforo, mientras que la que se encuentra en el oeste dispondrá de una amplia zona de acera para permitir el giro a los vehículos adaptados. El objetivo de perfeccionar las intersecciones se debe a un intento de asemejarlas a sus homólogas de los puentes con tráfico rodado buscando ofrecer un nivel de servicio adecuado, con lo que como mínimo ha de ser catalogado como B⁶. Este condicionante será relevante a la hora de determinar el ancho de la pasarela que será necesario para poder efectuar el proyecto de la pasarela que dará servicio a los usuarios de los barrios de Can Boada del Pi y de Can Boada Casc Antic.

La funcionalidad de la nueva pasarela ha de tener en cuenta a peatones, ciclistas y vehículos adaptados. La presencia de estas tipologías de usuarios se han de tener en cuenta para poder establecer espacios libres suficientes que permitan un tráfico fluido y agradable. Es por ello que la geometría en planta de la nueva pasarela ha de cumplir con una serie de características técnicas y funcionales que derivan directamente del tipo de usuario que se ha indicado con anterioridad.

El factor más limitante y por el que se debe iniciar la concepción de la plataforma es el denominado carril bici. Según el *Manual de recomendaciones de diseño, construcción, infraestructura, señalización, balizamiento, conservación y mantenimiento del carril bici*

⁶ “Nivel de servicio A: Representa las características de una circulación libre, fluida, solo posible cuando la intensidad de servicio es pequeña y la velocidad de trayecto elevada, donde los conductores pueden desarrollar la velocidad por ellos mismo elegida con gran libertad de maniobra. Nivel de servicio B: Indica la zona donde la circulación es libre pero la velocidad comienza a sentirse restringida por algunas condiciones del tráfico. Sin embargo, los conductores aún poseen libertad razonable para seleccionar su propia velocidad y carril de circulación. El límite inferior de esta zona (menor velocidad y mayor intensidad de servicio) debe considerarse como el deseable cuando se definan carreteras en zona rural y en terreno llano.” Cita de MUÑOZ SUÁREZ, Ángel J. “Enlaces. Generalidades. Justificación del enlace. Nomenclatura y

definiciones. Tipos de enlace. Capacidad. Niveles de servicio. Tramos de trenzado. Ramales de enlace.” Comisión de Transportes del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid, 2011.”

(Madrid, Ministerio del Interior, DGT, 2000) las dimensiones mínimas para el conjunto bicicleta-ciclista son de 0,75 metros de anchura. A este valor se le ha de añadir el movimiento “serpenteante” generado por la necesidad de mantener la estabilidad sobre el vehículo. Dichas oscilaciones se incrementan a medida que se reduce la velocidad del ciclista, por ello se establece que para velocidades normales de circulación (entre 15 y 30 km/h) en pavimentos con unas condiciones adecuadas de la capa de rodadura, la anchura efectiva necesaria por un ciclista se incrementa hasta 1,00 metro. Si consideramos el carril bici como una vía unidireccional, se recomienda establecer un sobrecancho de 0,25 metros a ambos lados del carril con el objeto de mayorar la seguridad de los usuarios ante posibles paradas, puestas en marcha u otro tipo de movimientos.

En definitiva, si consideráramos el ancho estricto para un carril bici debería ser de 1,50 metros. Debido a la necesidad de disponer de, al menos, un carril bici en cada uno de los sentidos de circulación, deberíamos aplicar las consideraciones para una circulación en paralelo (*figura derecha* de la **Imagen 1**). En este caso, el espacio que se necesita son:

- 1 metro por cada ciclista (se tiene en cuenta la oscilación serpenteante de los usuarios: $2 \times 1,00 \text{ metro} = 2 \text{ metros}$).
- 0,25 metros de resguardo a ambos lados del espacio total ocupado por los dos carriles: $2 \times 0,25 \text{ metros} = 0,50 \text{ metros}$.

Por lo tanto, el espacio requerido por el carril bici será de 2,50 metros. Destacar que la distancia entre los ejes de los carriles será de 1 metro.

Debido a que en este caso el carril bici que se está proyectando transita sobre una pasarela, se considera necesario aplicar un sobrecancho adicional entre la barandilla exterior y el margen lateral del carril contiguo. Este resguardo será de 0,50 metros para conseguir eludir la sensación de inseguridad que se puede generar en los usuarios que circulen en bicicleta. El valor de este sobrecancho también es extraído del manual realizado por la DGT en el 2000 donde se especifica que en el caso de que existan

obstáculos de altura superior a 0,05 metros (valor que se le establece al gálibo de pedaleo) el resguardo será del orden de 50 centímetros.

Dimensionado la parte del carril bici, se ha de proyectar la parte de la plataforma destinada al tráfico de peatones. Según el *Codi d'Accessibilitat de Catalunya* los transeúntes han de disponer de una anchura libre 0,90 metros. Para permitir el paso de dos transeúntes simultáneamente se necesitarán 1,80 metros más dos resguardos a cada lado de la sección de 0,10 metros. Con todo esto obtenemos un carril peatonal de 2,00 metros de ancho. Esta anchura no es suficiente, ya que no contempla el posible tránsito de personas con movilidad reducida o usuarios con carritos de bebé. La anchura media de una silla de ruedas es de 0,70 metros aproximadamente. Teniendo en cuenta paradas, puestas en marcha, movimientos y el cruce entre dos sillas simultáneamente, alcanzamos el valor establecido por el *Codi d'Accessibilitat de Catalunya* que indica una anchura libre de 3,00 metros.

Para facilitar el acceso a personas con deficiencia visual se prolongará la barandilla del margen peatonal hacia el suelo hasta que la distancia entre su paramento inferior y el pavimento sea igual o inferior a 4,5 centímetros. La barandilla deberá ser continua a lo largo del trazado. Con el objeto de separar el carril peatonal del carril bici se podrían instalar unos separadores viales de caucho que actuarían de mediana o crear dos vías de diferente altura. Ambas soluciones deberían ser continuas para que también sirvan de estímulo a las personas con deficiencia visual y así evitar que invadan accidentalmente el carril bici. El ancho de esta serie de piezas sería de 25 centímetros.

Tras todos los elementos enumerados hasta el momento es necesario indicar el ancho de las barandillas que se ubicarán a ambos lados de la plataforma: del orden de los 10 centímetros por barandilla.

Para conocer el ancho total necesario para concebir la plataforma de la pasarela lo haremos a través del siguiente cálculo:

Barandilla derecha	0,10 metros
Barandilla izquierda	0,10 metros

Carril bici bidireccional	2,50 metros
Sobrecancho de seguridad para el ciclista	0,50 metros
Carril peatonal	3 metros
Separador de carriles	0,25 metros
	6,45 metros

A continuación, se muestran unos esquemas de la primera propuesta de anchura en planta y alzado de la plataforma de la pasarela:

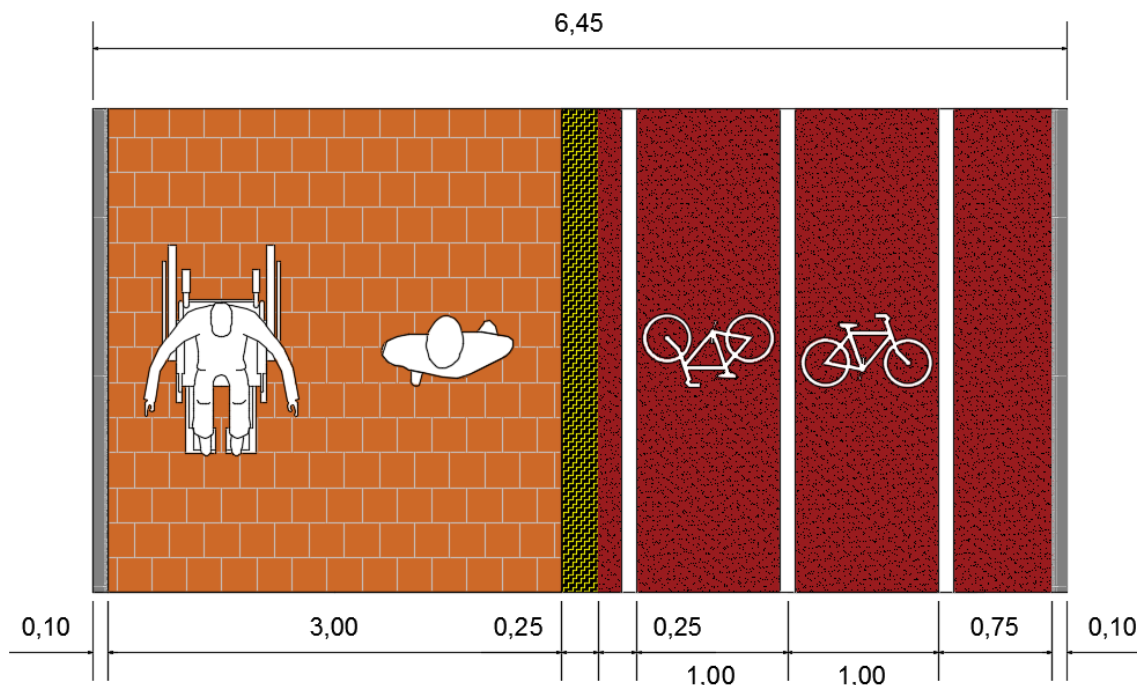


Imagen 2. Plataforma de la pasarela (planta) *Cotas en metros* (Fuente Elaboración propia).

5.1.2. Estética

A la hora de diseñar un puente nos encontramos ante parámetros tan determinantes como la economía y lo que el *Profesor Javier Manterola* llama “la verdad estructural”. El objetivo principal en la construcción de una obra de paso es realizar la comunicación, antes inexistente, entre dos puntos separados por un accidente geográfico, el cauce de un río, el paso de una carretera o del ferrocarril, etc. Este objetivo se trata de satisfacerlo con la máxima optimización de los recursos disponibles. Si la

elección de la tipología estructural de un puente se lleva a cabo a través de una metodología que únicamente pondera el coste final de la obra puede olvidar otros factores de gran importancia como son la armonización con el entorno que lo abraza y la experiencia del usuario en ver y transitar dicha obra.

El puente puede ser un generador de **lugar** según explica el *Profesor Miguel Aguiló* en su obra: *El Paisaje Construido. Una Aproximación a la Idea de Lugar*. El puente, como es obvio, tiene la virtud de interactuar con el relieve, la vegetación y el espacio del entorno generando en el mismo un ajuste. Entre obra y territorio se articula un vínculo componiendo el medio físico, que se conforma siendo el primer componente necesario, pero no suficiente para la formación de lugar. La obra ubicada tiene que cumplir con una actividad (segundo componente) que es la de permitir el paso de peatones y ciclistas o al menos así lo puede interpretar el usuario, ya que este componente de vitalidad del puente puede ser diferentemente interpretado por el usuario que interactúa con él. Y es aquí donde aparece el tercer y último componente para la forja de un lugar, el significado. El significado que es la esencia de lo que se le viene a llamar lugar, es la experiencia inconsciente y particular de las personas al interactuar de forma conjunta con el puente, el entorno y su actividad, provocando la transformación de un simple territorio en un lugar, es decir convirtiendo aquel espacio en un territorio con significado.⁷

La incorporación de un factor tan subjetivo como la estética no debe suponer irremediamente un aumento desorbitado del coste total de la obra, pero si ha de ser capaz de dotar de cierta singularidad al espacio donde se halla.

El proyecto que nos ocupa tiene un significado funcional y puramente ingenieril como es la sustitución de un puente con deficiencias en los estados límites de vibración y deformación, pero además ha de servir para adaptar la pasarela a la futura realidad. Como ya se ha dicho en diversas ocasiones, la pasarela se halla a unos 200 metros del

⁷ AGUILÓ, Miguel "El paisaje construido. Una aproximación a la idea de lugar." Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid, 1999.

nuevo intercambiador de cercanías de Renfe (líneas R4 y R12). Esto supondrá un notable incremento del tráfico por la misma para acceder a pie o en bicicleta a la zona residencial de Can Boada del Pi, sus centros educativos y a sus instalaciones deportivas. Este punto de la ciudad de Terrassa tiene otro valor añadido y es la conexión de la urbe con la naturaleza. Una pasarela que permita el tráfico de peatones y ciclistas potenciaría estos modos de transporte que junto con el transporte público sostenible han de ser potenciados mediante actuaciones que corresponden al Ayuntamiento de Terrassa.

Por su ubicación y por ser un nexo habitual de dos grandes focos residenciales de Terrassa como son los barrios de Can Boada Casc Antic y Can Boada del Pi esta nueva pasarela seguirá siendo parte de la red principal de transeúntes y acabará con las barreras arquitectónicas que impiden el paso a personas de movilidad reducida.

En definitiva, la nueva pasarela ha de ir en la línea de lo expuesto por el escultor iraní Siah Armajani, quien indica entre otras muchas cosas, que *debemos abandonar lo privado por lo público*. Esto significa que la pasarela o el puente puede ser arte sin necesidad de acuñar a la monumentalidad ni la transcendencia, ya que el puente “... convierte el espacio en algo sociable, dándole forma y atrapando la atención de los usuarios hacia el contexto más amplio de la vida, de la gente de la calle y la ciudad...”. Parafraseando al filósofo alemán Martin Heidegger la pasarela no solo conecta dos márgenes que ya están ahí, las márgenes emergen como orillas solamente cuando el puente cruza el cauce/corriente del río o riera emplazado en el lugar.

5.2. Tipología de puentes propuestos

5.2.1. Puente viga

Esta tipología de puentes la constituye una estructura viga en el sentido más general del término. Su evolución histórica ha sido destacable, ya que en sus inicios la plataforma de paso era un simple tronco de árbol bi-apoyado ambos lados del curso del río.

En el caso que nos ocupa, la propuesta de puente viga también se hallará bi-apoyado eludiendo el empleo de pilas intermedias. En esta tipología la resistencia de los puentes viene inducida por el canto y el momento de inercia de las secciones sus vigas que han de ser capaces de resistir las flexiones a las que se encuentran sometidas.

La esbeltez de este tipo de puentes depende en gran medida de la sección tipo que se emplea en el proyecto, pero no solo eso, los materiales que vayamos a emplear modifican significativamente la ratio canto/luz que define la esbeltez estructural. Es decir, si para nuestro puente empleamos hormigón armado el cociente resultante de la operación canto/luz será superior al concebir la estructura con el empleo de hormigón pretensando o solucionando el enlace con una estructura mixta.

La respuesta estructural depende del diseño final, pero en nuestro caso un tablero bi-apoyado tendrá que resistir unos momentos flectores importantes en el centro del vano. Es por ello, que dicha solución, aunque pudiese ser correcta dejaría de ser menos efectiva que, por ejemplo, la concepción de un puente pórtico, donde los extremos del vano estarían empotrados.



Imagen 3. Estado actual de la pasarela peatonal (Fuente Elaboración propia).

Respecto al proceso constructivo, se podría llevar a cabo una construcción sobre cimbra in situ o de dovelas prefabricadas, las cuales podrían resultar económicas al disponer de una luz media (41,2 metros). Otro tipo de construcciones que podrían ser útiles, pero no eficientes en nuestro caso serían los métodos por voladizos sucesivos o el empuje del puente.

Sin duda se adaptaría bien al trazado recto y a nivel visual se podría conseguir una estructura sencilla, pero con la luz que disponemos, llevar a cabo una concepción similar a la actual con una viga en T de canto cercano a 1,20 metros podría no adaptarse a la idiosincrasia del lugar, sin poner en relieve el valor añadido de ser pieza de transición entre la urbe y un espacio natural protegido.

5.2.2. Puente en celosía

Esta tipología estructural suele ser muy empleada en elementos lineales. En su aparición se utilizaba la madera como material constructivo y se constituyó como una práctica muy extendida en Norteamérica. Con este esquema se desarrollaron carreteras y algunas de las primeras líneas de ferrocarril al buscar sinergias de la celosía con los puentes rectos, arcos y colgados de gran luz.

En la actualidad el material empleado para llevar a cabo esta tipología es el acero, el cual es contribuyente directo en el puente que posee el récord absoluto de luz, el puente colgante del estrecho de Akashi (1.991 metros de luz libre). La utilización del hormigón en esta tipología ha tenido menor éxito, aunque en España disponemos de varios ejemplos de dos de los más brillantes proyectistas de nuestro país como fueron Juan Manuel de Zafra y José Eugenio Ribera.

Respecto a la esbeltez de esta tipología depende en gran parte de la respuesta estructural. Para tener un orden de magnitud aproximado podríamos hablar de una relación canto/luz de 1/17. Para poder llevar a cabo el diseño a través de este esquema, en primer lugar, hemos de conocer y ser capaces de escoger qué tipo de viga nos es más favorable para la concepción de la pasarela.

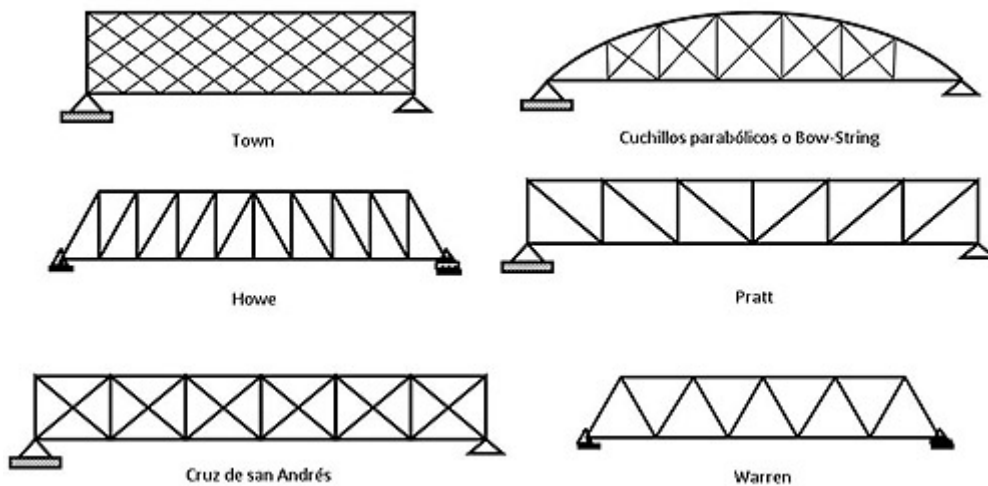


Imagen 4. Tipos básicos de celosías (Fuente Revista de Patrimonio).

De los diferentes esquemas de celosías básicas, para una pasarela de la luz con la se está trabajando (41,2 metros) es muy interesante trabajar con las vigas Long (en la Imagen 13: Cruz de San Andrés) o con las Warren.



Imagen 5. Pasarela en l'Hospitalet del Llobregat (Fuente Elaboración propia).

En el caso que nos ocupa hemos pensado en emplear la viga Warren la cual estaría hecha con acero y sus diagonales presentarían alternativamente compresión y tracción. Para la respuesta estructural esto puede ser desfavorable, pero presenta una importante ventaja constructiva ya que, si las cargas sobre la parte superior de la celosía son variables, la viga responde con una resistencia similar para diversas combinaciones de carga. Las celosías de este tipo pueden contar con uniones articuladas o rígidas. En el

caso de disponer de una celosía con nudos articulados, la flexión es despreciable siempre y cuando las cargas que deba soportar la estructura estén aplicadas en los nudos de unión de las barras.

El procedimiento constructivo puede realizar mediante piezas prefabricadas sobre cimbra que se unen mediante conectores como la soldadura o los remaches. Se consigue disminuir el peso propio en un 40-50%, reduciendo así los costes de cimentación y se minimiza la afectación ambiental al ser el acero 100% reciclado. La rapidez de montaje es un factor a valorar positivamente.

Respecto a su conexión con el entorno: En la actualidad se suelen ver estos esquemas en pasarelas urbanas que con la utilización de madera y/o acero corten (o similar) se consumiría ese elemento representativo de la unión entre la urbe y lo natural mediante un modo de transporte sostenible con el medio ambiente.

5.2.3. Puente pórtico

El puente pórtico es una tipología que puede ser difícil de diferenciar de los puentes viga si no atendemos a las secciones del tablero en los estribos, en las pilas y en el centro del vano. La razón de ser de este esquema es la reducción de la ley de momentos empotrando total o parcialmente los extremos del dintel. Para que la reducción de la ley de momentos se cumpla es necesario que:

- Las pilas y el dintel se empotren entre sí.
- El terreno presente una gran rigidez a las fuerzas horizontales que le transmitirán las pilas del pórtico.

La esbeltez de este tipo de puentes es muy variable, pero las luces no suelen ser superiores a 45 metros. La respuesta estructural de los puentes pórtico es importante comentarla. Sobre peso propio, las pilas y el dintel se encuentran comprimidos y la flexión es superior en la unión dintel-pila que en el centro del vano.

El pórtico se puede articular o empotrar en cimentación. En el articulado hay menor momento en las pilas, pero mayor en el centro luz. En cambio, si lo empotramos

tenemos mayor momento en las pilas donde constructivamente me es más sencillo colocar y disponer de mayor sección y menor momento en el centro luz, pudiendo emplear en el dintel un canto variable lo que supondría una reducción de material respecto al pórtico articulado.

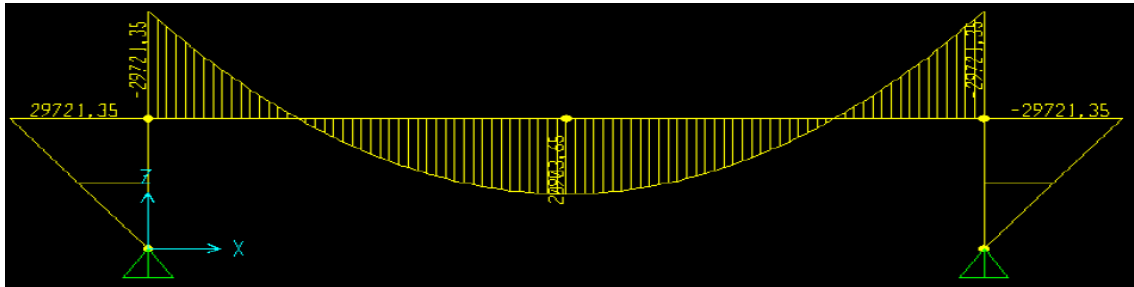


Imagen 7. Pórtico articulado (Fuente Apuntes de Puentes/Prof. Aparicio).

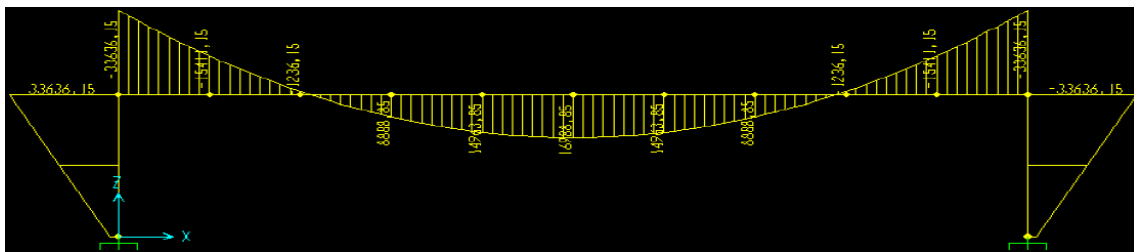


Imagen 8. Pórtico empotrado (Fuente Apuntes de Puentes/Prof. Aparicio).

El puente pórtico puede construirse de diversos métodos, pero en las condiciones del actual proyecto la solución más eficiente se trata de una construcción in situ de las pilas con colocación sobre cimbra del tablero que puede ser prefabricado o in situ.



Imagen 9. Estado actual del puente de Can Gonteres (prolongación del camino Romeu de Montserrat) (Fuente Elaboración propia).

Quedarían descartadas por su amplio coste la metodología basada en voladizos sucesivos atirantados, construcción mediante tirantes y apoyos provisionales y por supuesto, la construcción mediante giro del tablero.

Una solución que podría ser estética y que se asemejaría a la solución realizada en los puentes situados en los alrededores de la pasarela, sería el puente pórtico de células triangulares (Imagen 17). En este puente la barra interior de la célula estaría comprimida y, por tanto, podría resolverse con hormigón armada, mientras que las barras exteriores de la célula se verían sometidas a tracción y podría ser necesario emplear hormigón pretensado. Esta tipología de los puentes pórtico resiste muy bien las fuerzas ejercidas por el frenado de los vehículos, la cual cosa no es necesaria en el caso del presente proyecto.

5.2.4. Puente arco

Esta es la tipología más empleada hasta el siglo XIX y el desarrollo de los puentes metálicos. Aunque sigue estando presente en multitud de puentes contemporáneos la aparición del pretensado que ha posibilitado la construcción de puentes rectos de gran luz y el desarrollo del puente atirantado, ha supuesto un cierto parón en la construcción del puente arco de hormigón. El puente arco destaca por su eficiencia estructural, de la que se hablará posteriormente, y por su capacidad de dotar de protagonismo el lugar en el que se emplaza.

En el caso del puente arco su esbeltez es fruto directo de su respuesta estructural. La concepción del arco como el elemento antifunicular de las cargas permite a la estructura trabajar a compresión tanto frente al peso propio como a las sobrecargas. Que la estructura, en este caso la pasarela, trabaje a compresión reduce la cantidad de acero necesaria, ya que el hormigón es capaz de resistirlo satisfactoriamente. Este hecho de buscar el antifunicular de las cargas y emplear un material con unas características resistentes adecuadas para el diagrama de esfuerzos del tipo estructural aumenta la eficiencia del diseño.

Para que el arco trabaje tal y como ha sido proyectado el suelo en el que se cimienta ha de ser capaz de resistir los esfuerzos horizontales que sin duda son de una magnitud considerable. Las reacciones horizontales aumentan cuanto menos peraltado está el arco, es decir la flecha del arco es inversamente proporcional a la reacción horizontal necesaria. Para evitar un diseño de una cimentación tan importante, ya que el precio de esta tipología está sensiblemente influido por este factor, se puede ejecutar un puente arco con tablero inferior, en el cual el terreno no recibiría esfuerzos horizontales, ya que sería el propio tablero el que ejercería tal fundamental tarea de imprimir una reacción horizontal.

Respecto al procedimiento constructivo como ya se ha comentado anteriormente la construcción del puente arco vivió una evolución importante a largo del siglo XX que continua en el presente siglo.

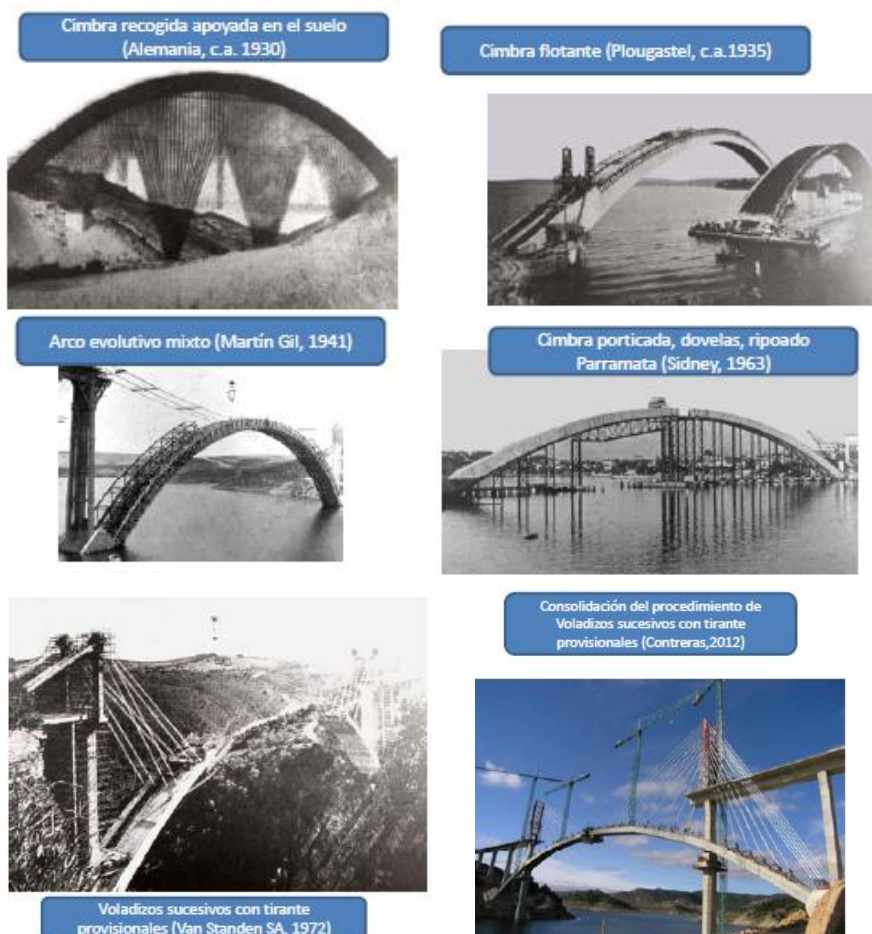


Imagen 10. Evolución de la construcción de puentes arco (Fuente Apuntes de Puentes/Prof. Aparicio).

Para la construcción de este puente, lo más económico y sencillo sería llevar a cabo la instalación de una cimbra cimentado con micropilotes en el cauce de la riera del Palau y colocar piezas prefabricadas de hormigón armado (para acelerar la construcción) o bien hormigonar in situ con cierre en la clave del arco.

Respecto a la estética de la tipología. Sin duda, este esquema cuando el tablero se coloca en una posición intermedia o inferior de la estructura dota la pasarela de cierto protagonismo, que no tiene por qué minusvalorar su entorno. Con este efecto de protagonismo potenciaríamos a la nueva estación de cercanías de Renfe, proyectando a los peatones y ciclistas como ejemplos de modos de transporte sostenibles compatibles con el transporte público (autobuses y líneas ferroviarias). Se consumiría ese elemento representativo de la unión entre la urbe y lo natural mediante un modo de transporte sostenible con el medio ambiente.



Imagen 11. Pasarela de la Amistad - Terrassa (Fuente Enginyeria Reventós).

5.2.5. Puente atirantado

En el caso de optar por una estructura atirantada hay que considerar en primer lugar que esta tipología permite alcanzar grandes luces pudiendo evitar así tener que colocar pilas intermedias. No obstante, el hecho de tener menos puntos de apoyo también hace que el conjunto de la pila y su cimentación sean más grandes, ya que tendrán que soportar mayores esfuerzos. Con este tipo estructural se han llegado a

alcanzar una relación de esbeltez (canto/luz) de 1/192 (puente Barrios de Luna). Este valor nos indica claramente que para una luz de 41,2 metros esta tipología quedaría totalmente sobredimensionada en el proyecto actual.

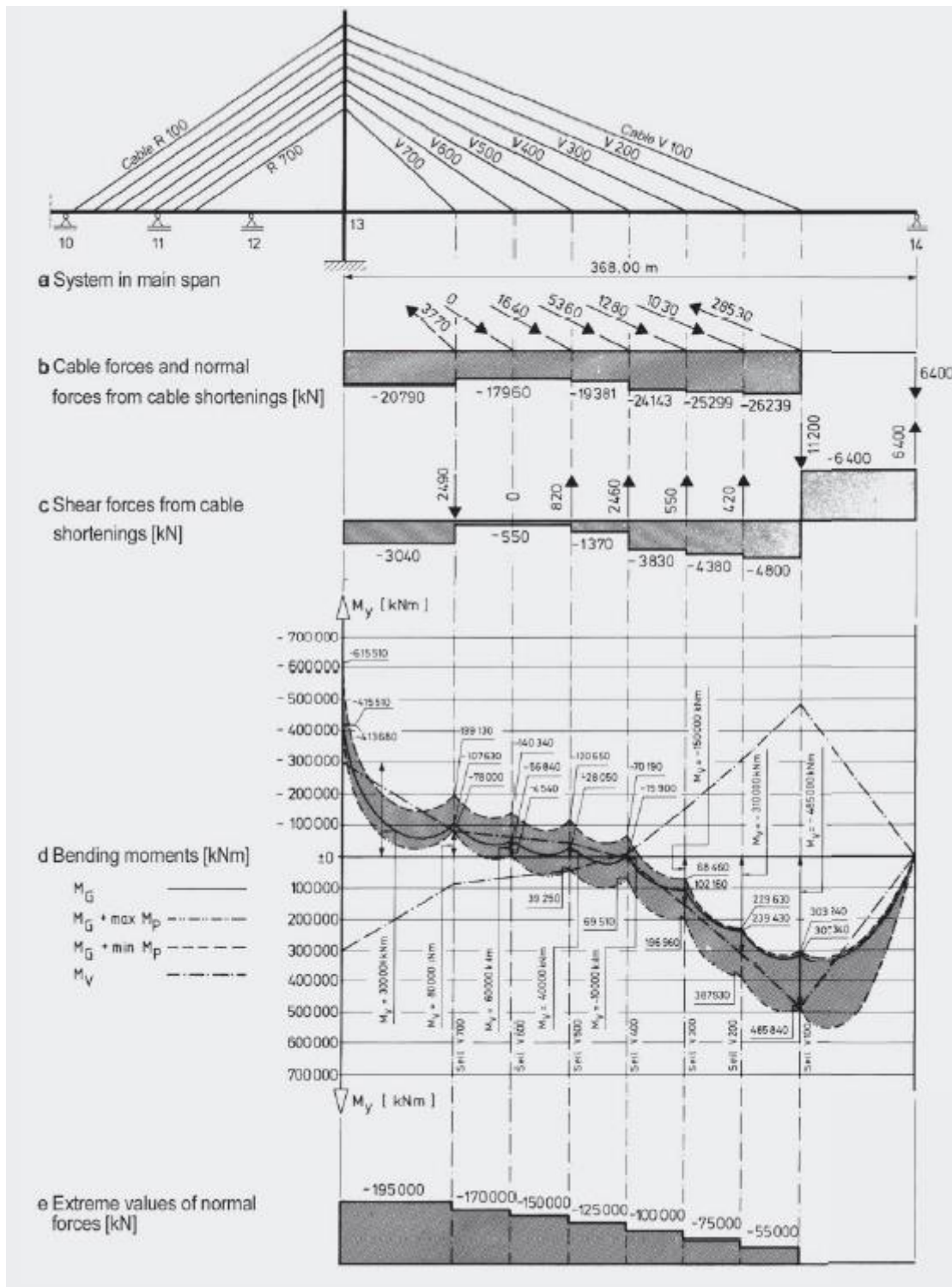


Imagen 12. Superposición de momentos en el Puente sobre el Rin – Düsseldorf/Flehe, Alemania (Fuente Svensson – Cable Stayed Bridges).

Aun así, es muy interesante contemplar esta propuesta porque enriquece el estudio de alternativas y su gran belleza visual podría ser un punto a favor de la misma. La respuesta estructural de dicho esquema se basa en la existencia de tirantes que son cables rectos que atirantan el tablero proporcionándole una serie de apoyos intermedios. Junto con estos tirantes, también es necesario otro elemento, las torres. En ellas se hallan los anclajes fijos de los tirantes de forma que introducen fuerzas verticales en el tablero creando pseudo-apoyos. En este mecanismo juega un papel fundamental el tablero, ya que al quedar inclinados los tirantes se introducen fuerzas horizontales que deben equilibrarse a través de él (Imagen 20).

En cuanto al proceso constructivo este consistiría en ir construyendo el puente desde la pila o pilas centrales hacia fuera hormigonando en pequeños tramos y anclando cada uno de estos tramos con los cables a la torre, hasta que estos alcancen la resistencia necesaria para soportar las cargas requeridas y poder hormigonar el tramo siguiente. Todo esto requiere de un tiempo considerable que alargaría el periodo de construcción.

Con esta solución no se esperan dificultades de adaptación al entorno pues se trata de una estructura muy resistente que permite grandes luces pudiendo colocar las pilas según convenga con la topografía y el terreno.

Finalmente, a nivel estético se considera que esta alternativa no es la más indicada ya que es altamente llamativa y debido al emplazamiento natural en el que nos encontramos no se busca este efecto.



Imagen 13. Pasarela de Delicias - Zaragoza (Fuente Arenas & Asociados).

5.3. Descripción de la solución adoptada

El proyecto en el que se plantea la construcción de una pasarela ciclo-peatonal sobre la riera del Palau (Terrassa) tiene como objeto comunicar los barrios de Can Boada Casc Antic y Can Boada del Pi por medio de una obra de paso de uso exclusivo para transeúntes y ciclistas. El hecho de no permitir el tráfico a vehículos motorizados se debe a la inexistencia de una obra de paso en la que coexistan diferentes modos de transporte y no genere inseguridad entre el colectivo que se desplace a pie y/o bicicleta. Esta problemática es fruto de la transformación y su consiguiente déficit de adaptación del puente colindante más próximo al emplazamiento de la estructura, el puente de Can Gonteres. Este puente cuya principal función es constituirse como nexo de unión entre el municipio de Terrassa y los pueblos de Rellinars y Sant Miquel de Gonteres (Viladecavalls), fue concebido para solventar el paso de vehículos tras la fatídica riada de 1962 salvando así el obstáculo presentado por la construcción del trasvase de la riera del Palau, efectuado tres años después. Esta estructura cuenta con un ancho 4,50 metros de los cuales 3,50 metros se destinan al carril por el que circulan automóviles, motocicletas, etc., mientras que el metro restante se emplea en la colocación de los pretilos y una única acera de unos 60 centímetros de ancho. El ínfimo espacio habilitado para el tráfico de peatones, junto a su inexistente iluminación impedía el paso de transeúntes como causa del peligro que conllevaba.

En aquellos momentos en el noroeste (NW) de la ciudad sólo se ubicaba el barrio de Can Boada Casc Antic, pero tras la urbanización del sector oeste de la riera del Palau en la década de 1970 y la instalación en él de diversos equipamientos públicos (escuela, instituto e instalaciones deportivas) se hizo necesario la creación de una pasarela que permitiera el paso a pie.

Esta situación supuso el diseño y la construcción de la actual pasarela peatonal que data de 1985. Esta obra de paso cuenta con un ancho de 3,50 metros salvando una luz de 40 metros. Como consecuencia de la elevada densidad población que habita en los barrios de Can Boada del Pi y Can Boada Casc Antic, los centros educativos ubicados en el oeste de la riera cuentan con una muy importante afluencia. Estudiantes y tutores de los

mismo acceden a pie diariamente hacia los equipamientos por lo que la pasarela cuenta con un importante tráfico ciclo-peatonal, que hace que sea parte del itinerario principal de transeúntes. Además, es importante destacar que en el extremo este de la pasarela hay instalada una parada de dos líneas de autobuses locales lo que conlleva un incremento del tráfico de la misma.

Con el paso de los años la estructura ha ido manifestando una serie de deficiencias que han generado que no cumpla con ciertos aspectos funcionales. La pasarela no sólo presenta una excesiva flecha en el centro del vano, sino que las vibraciones son notables con el paso de usuarios. Puesto que la pasarela cuenta con más de 30 años de uso, su accesibilidad es inadecuada según los parámetros normativos de la actualidad, ya que existen barreras arquitectónicas que imposibilitan el uso de la misma a personas de movilidad reducida. La pasarela también sufre los problemas derivados de la inestabilidad de los taludes de la riera del Palau, con lo que se debe dimensionar unos nuevos estribos para evitar el descalce de los mismos.

Todos estos condicionantes junto con la futura construcción de una nueva estación de cercanías de Renfe explotada por las líneas R4 y R12 en las inmediaciones del emplazamiento de la riera hacen necesaria la concepción de una nueva solución. En los últimos años la ciudad de Terrassa ha visto como cada vez más, sus ciudadanos usaban la bicicleta como modo de transporte. Esta tendencia fue fomentada por el Consistorio promoviendo la iniciativa Ambicia't, el cual era un proyecto muy similar al bicimg barcelonés. Fue a raíz de esta idea con la que se construyeron y se habilitaron más hectómetros de carril bici. Se observó también que la franja de edad que más emplea la bicicleta como modo de transporte es la existente en la horquilla de 12 a 17 años, edad en la que se encuentran los estudiantes del instituto de educación secundaria establecido en el sector oeste de la riera del Palau.

Tras especificar las condiciones por las que la nueva construcción de la pasarela se ha vuelto necesaria, pasamos a explicar la estructura de la alternativa desarrollada.

Como ya se ha comentado anteriormente, el proyecto de la nueva obra de paso para vehículos no motorizados sobre la riera del Palau se concibe como un puente

funcionalmente mixto el cual será explotado por peatones y ciclistas.

La pasarela ciclo-peatonal será resuelta mediante un esquema típico de los puentes en celosía. La obra de paso quedará constituida por dos planos paralelos de celosía Warren. Este tipo de celosía es muy eficiente cuando el ángulo de sus diagonales respecto a los cordones está comprendido entre los 45° y 60°, ya que de esta forma conseguimos emplear la menor cantidad de material posible.

Por razones que emanan de la tipología escogida y de la voluntad del autor del proyecto en disminuir el peso propio de la estructura se considera pertinente diseñar la estructura utilizando el acero como material estructural.

La estructura metálica, por tanto, la constituyen dos planos paralelos de celosías tipo Warren y un tablero de vigas transversales rigidizadas por vigas de menor tamaño en forma de K.

Las celosías estarán formadas por dos cordones y una serie de diagonales interiores. El cordón inferior estará traccionado y el superior se encontrará comprimido. La sección de estos elementos cuenta con unas dimensiones de 300 x 300 milímetros con 2 centímetros de anchos. Será por tanto una sección armada, cuadrada y hueca. El acero empleado para estos elementos será el normalizado como S 355 J2, puesto que tiene una mejor soldabilidad.

Para las diagonales se ha diseñado una sección de 300 x 150 milímetros con un espesor de 1,5 centímetros. El acero utilizado cuenta con las mismas características que para los cordones. La razón por la que se ha trabajado con secciones cuadradas ha sido con el objetivo de evitar el pandeo lateral y/o la torsión de alabeo.

El tablero lo conformarán vigas transversales o de piso rigidizadas por vigas en K. Las vigas transversales irán soldada a los cordones inferiores de las dos celosías, cuya función principal será la de recibir gran parte de las cargas variables a las que se hallará sometida la estructura y transmitir las mediante un nudo rígido a los propios cordones inferiores. Para el diseño de estas vigas de piso, se han utilizado los perfiles estandarizados IPE 300 elaborados con acero S 355 J2. Aparte de la soldadura a tope

entre los perfiles IPE 300 y los cordones inferiores, se ha convenido en colocar una pletina a modo de prolongación del alma de la viga en doble T para colaborar en la transmisión de los esfuerzos en dicha unión. Por su parte, para rigidizar las vigas transversales se han colocado perfiles normalizados IPE 140 con acero del tipo S 275 JR en forma de K.

Con el objeto de controlar el desplome de los planos de celosía se han colocado dos arriostramientos a 15,80 y 25,40 metros. El desplome debe ser mínimo, ya que la iluminación de la pasarela en la zona peatonal se ubicará en los cordones superiores. Rigidizando los dos planos de celosía se evitará el vibrado de las mismas y el movimiento del haz de luz.

Para dividir funcionalmente la pasarela se ha considerado oportuno crear una doble altura entre los dos modos de transporte. Los carriles para ciclistas irán en el tramo de menor altura que la zona peatonal. Para elevar un sector respecto del otro se han colocado tres vigas IPE 140 en forma longitudinal sobre las que descansan listones de madera colocados de forma transversal.

6. Expropiaciones y servicios afectados

El proyecto que nos ocupa solo genera afecciones en suelo declarado de dominio público. De esta forma, no será necesaria la expropiación de ningún terreno a los particulares que pudieran verse perjudicados por la realización de las obras, pero la finalidad de este apartado es la identificación del servicio de compañías, organismos y entidades existentes en la zona afectada por el proyecto constructivo de la nueva pasarela peatonal sobre la riera del Palau.

7. Cálculo de estructuras

Este anejo tiene la finalidad de presentar los razonamientos y los cálculos justificativos que muestran el satisfactorio dimensionamiento de la solución adoptada. En su interior se trata de poder exponer el funcionamiento estructural de los elementos que componen la estructura, así como la descripción de sus respectivas formas y dimensiones.

Con el análisis estructural se busca indicar el cumplimiento y/o verificación de la resistencia, estabilidad, rigidez, durabilidad o de cualquier otro aspecto de forma con el que se pueda asegurar el correcto comportamiento de la nueva pasarela en servicio.

7.1. Descripción de la estructura

La nueva pasarela ciclo-peatonal constará con una estructura resuelta mediante dos planos de celosía de canto variable y con cordones tanto inferiores como superiores que definen una trayectoria curva unidos por unas diagonales dispuestas a lo largo de la obra de paso.

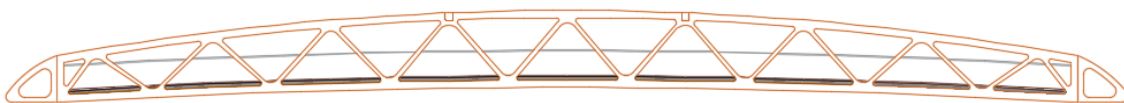


Imagen 14. Alzado solución desarrollada (Fuente Elaboración propia)

Las celosías de la estructura pertenecen a la tipología Warren y la pasarela ciclo-peatonal se halla simplemente apoyada a ambos lados de la riera del Palau.

Este tipo de estructura nos es útil para resolver dos importantes vertientes del proyecto constructivo. Con el empleo de esta tipología en particular nos permite reducir la altura de la pasarela de un modo sustancial respecto a si lo lleváramos a cabo a través

de un esquema en arco. Las soluciones que emplean el arco suelen tener una relación flecha/luz cercana a 1/6, por lo que la flecha de nuestro arco se hubiera situado en un valor próximo a los 7 metros.

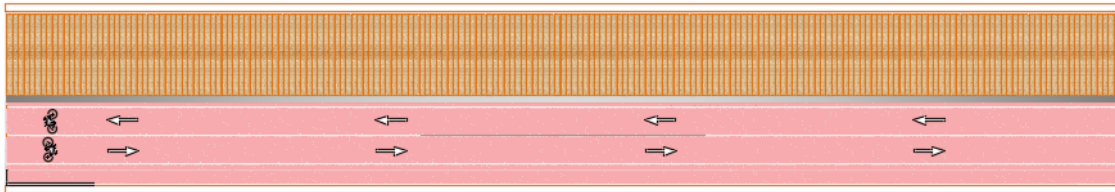


Imagen 15. Planta solución desarrollada (Fuente Elaboración propia)

Si comparamos dicha altura con los 3,40 metros que nos facilitaría la utilización de la pareja de planos en celosía Warren, nos permite reducir la monumentalidad de la obra sin necesidad de aumentar el canto del tablero.

Otro aspecto a tener en cuenta sería el proceso constructivo, ya que en caso de no crearlo necesario podría ser posible la ejecución de la obra sin necesidad de ocupar la riera del Palau durante la misma, puesto que sería innecesario el empleo de cimbra, al contrario de la construcción de un puente en arco resuelto con hormigón armado.

8. Firmes y pavimentos

La pasarela ciclo-peatonal ha sido dimensionada con una funcionalidad mixta en la que se encuentra un carril exclusivo para peatones y una vía ciclista. Para resolver la zona peatonal se ha concebido un pavimento constituido por listones de madera aserrada conífera del grupo C-24 según el Código Técnico de la Edificación del apartado de la Seguridad Estructural – Madera. Los listones tendrán las siguientes dimensiones:

- Ancho: 3,00 metros
- Longitud: 0,20 metros
- Espesor (canto): 0,05 metros

Las vigas/tableros/listones de madera serán apoyados sobre tres puntos apoyo: tres vigas IPE 140. Se decide emplear los perfiles IPE puesto que la mayor sollicitación a

la que se encontrarán estas vigas será la flexión y debido a que el espesor de sus alas es superior a los perfiles IPN sus características geométricas le permiten disponer de una mejor resistencia ante estos determinados esfuerzos. El canto podría ser menor pero el autor del proyecto decide dividir ambas vías (peatonal y ciclista) mediante una diferencia de altura.



Imagen 16. Pavimento de madera (Pasarela de la Amistad, Terrassa) (Fuente Eng.

Dicha altura se busca que sea igual o próxima a la de un bordillo. Los bordillos estandarizados suelen contar con una altura efectiva de 12 centímetros, altura diferencial que resultaría tras la colocación de los listones de madera sobre los perfiles IPE 140 y el trámex antideslizante dentado en ambas direcciones como resolución de la vía ciclista. Por medidas de seguridad se considera favorable situar la vía ciclista en una altura inferior al carril peatonal.

Como ya se ha comentado la vía ciclista se resolverá con un pavimento de rejillas con superficie dentada antideslizante. Este tipo de pavimento es una variante de unas placas Trámex que incorporan dientes en ambas direcciones con el objetivo de aumentar el agarre del neumático con el pavimento. Las rejillas de 14x14 milímetros de acero inoxidable permiten generar un drenaje del agua pluvial sobre el pavimento que se ve mejorado con la resolución de un tablero de directriz parabólica (pendientes de

5,83% en los extremos de la pasarela ciclo-peatonal). Para poder evitar caídas de pequeños objetos al cauce de la riera del Palau y dar una mayor sensación de seguridad al usuario se colocará una tela llamada de seguridad con unas dimensiones de 8x8 milímetros. Su espesor será de 2 centímetros.



Imagen 17. Pavimento de trámex (Países Bajos) (Fuente StreetLife Bridges)

Por último, para delimitar ambas vías se colocará una chapa de acero de 8 milímetros de espesor (tal y como indica la guía técnica de Recomendaciones para el proyecto de puentes metálicos de carretera, 1995 en términos de durabilidad). Esta zona servirá como bordillo de separación de vías y podría ser utilizado para ubicar iluminación del carril bici.

En el presente anejo se exponen las características de los pavimentos previstos en el proyecto Pasarela ciclo-peatonal sobre la riera del Palau (Terrassa) que prolonga la calle de les Vinyoles conectando los barrios de Can Boada del Pi y Can Boada Casc Antic. El diseño de los pavimentos se ha hecho siguiendo criterios de funcionalidad, sostenibilidad e integración en el entorno de la obra.

9. Drenaje

Según la instrucción 5.2 I.C. en todo punto de la red de drenaje superficial de la plataforma deberá cumplirse que para el caudal de referencia que le corresponda, tanto el calado como la velocidad de la corriente a él asociada, respeten las limitaciones funcionales exigidas en el apartado 1.2 de la misma instrucción.

Dicho calado habrá de calcularse según el método hidrometeorológico.

Debido al pavimento empleado (listones de madera C24 y paneles de *Artdeck*) autodrenantes no se colocarán elementos de desagüe y la separación entre listones y paneles de artdeck se considerarán elementos puntuales con capacidad de desagüe similares a sumideros, o más bien **imbornales**, que envían el agua hacia el propio cauce de la riera del Palau.

Por lo tanto, dichos elementos podrán asimilarse a vertederos u orificios.

10. Iluminación

Este anejo hace referencia a un estudio sobre la instalación de suministro y distribución de energía eléctrica para el espacio de la nueva pasarela ciclo-peatonal sobre la riera del Palau.

Los suministros serán para el alumbrado público del espacio.

Incluye los siguientes conceptos:

- Conexión eléctrica.
- Contador y cuadro eléctrico.
- Líneas eléctricas y protecciones.

11. Protección y conservación

En este anejo se elabora a fin de cumplir con la documentación establecida por las RPM-95 para proyectos de nueva construcción, reforma o rehabilitación de puentes metálicos.

Se definen con detalle las diferentes protecciones contra la oxidación de los elementos metálicos, según sea su ubicación o la etapa de la vida de la obra de que se trate.

12. Estudio de impacto ambiental

En él se hará una descripción de la zona de estudio desde los diferentes puntos de vista contemplados, con el fin de dar una visión integral y completa del emplazamiento susceptible de alteración y posteriormente categorizar el impacto de la obra.

Las variables contempladas en la descripción del medio son las siguientes:

- Factores Físicos:
 - Geología.
 - Clima.
 - Hidrogeología.
 - Espacios de interés natural.
- Factores Biológicos:
 - Flora.
 - Fauna.
 - Paisajismo.

13. Gestión de residuos

En cumplimiento del RD 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición, se redacta el este estudio, en el que se establece, durante la ejecución de la obra, las previsiones respecto a la a producción y gestión de los residuos de construcción y demolición, con el fin de fomentar su prevención, reutilización y reciclado durante las obras.

14. Procedimiento constructivo

El procedimiento constructivo que se plantea se divide en 9 fases:

- a) Trabajos previos.
- b) Excavación
- c) Transporte de las tierras.
- d) Ejecución de estribos.
- e) Relleno de la zona en la que se ubican los estribos.
- f) Recepción de elementos y montaje en la zona de trabajo de los cordones.
- g) Montaje del tablero.
- h) Colocación con grúa de alta capacidad.
- i) Acabados.

14.1. *Trabajos previos (Fase 1)*

En la primera fase se llevará a cabo el desbroce de la maleza ubicada en la zona inferior de la riera del Palau. Esto nos servirá para destapar la zona hormigonada con forma trapezoidal que tiene la función de canalizar las posibles aguas y cuenta con una altura máxima de 2,50 metros, superior al calado crítico a 500 años que es igual a 2,27 metros en el punto del emplazamiento de la pasarela.

Lo más importante de esta acción es eliminar los residuos vertidos en la riera para que el agua pueda circular tal y como se dimensionó en el proyecto del trasvase del cauce.

En esta primera fase, en la que ya contaremos con la demolición de la pasarela actual (esa actuación queda fuera del alcance del presente proyecto), se deberán delimitar las zonas de trabajo, así como, la entrada y salida de camiones que abastezcan la ejecución de la obra.

Y finalmente se deberá llevar a cabo las acciones pertinentes al replanteo.

14.2. Excavación (Fase 2)

Debido a la idiosincrasia de los taludes de la riera del Palau en la zona en la que se ubica el proyecto de la pasarela ciclo-peatonal, se podrá llevar a cabo una excavación convencional.

14.3. Transporte de las tierras (Fase 3)

En esta fase, el objetivo es extraer las tierras en la zona de excavación mediante una retroexcavadora. Tras la extracción, las tierras las recoge una pala cargadora que las deposita en una bañera (camión de unas 25 toneladas) y éste las llevará a vertedero, siempre y cuando no se puedan reutilizar en el relleno de los huecos de los estribos.

14.4. Ejecución de estribos (Fase 4)

Una vez hecha la excavación se colocará una capa de hormigón magro para homogeneizar la base en la que se colocarán las zapatas de los estribos.

Tras esto se encofrarán, se ferrallarán y se hormigonarán ambos estribos. El vertido del hormigón se llevará a cabo mediante un sistema de bombeo.

14.5. Relleno de la zona en la que se ubican los estribos (Fase 5)

Las fases 4 y 5 son actuaciones sucesivas. El hormigonado de los estribos se lleva a cabo de modo continuo y posteriormente se rellena con material seleccionado los huecos que hayan podido quedar entre el estribo y terreno propio del talud de la riera.

14.6. Recepción de elementos y montaje en la zona de trabajo de los cordones (Fase 6)

Paralelamente, incluso antes de que comience la obra, se pedirá al taller de estructura metálica que inicie la prefabricación de las celosías para que posteriormente sean trasladadas por carretera hasta las instalaciones de la obra.

Se trasladarán a la zona de montaje de la obra las dos celosías prefabricadas a través de un transporte especial. Para ello se habilitará una zona de montaje en el descampado que existe en el margen oeste a escasos metros (10-15 metros) de la posición final del estribo de la pasarela ciclo-peatonal.

14.7. Montaje del tablero y de la plataforma (Fase 7)

Los restantes perfiles y elementos metálicos con los que se conformarán la estructura, IPE 300 para las vigas de piso y los IPE 140 para la rigidización y sujeción del entarimado de madera, se irán transportando a obra progresivamente según lo previsto en el programa, así como los arriostramientos superiores de sección metálica cuadrada.

Es importante recordar que las uniones de elementos metálicos serán soldaduras a tope y como tal se ha calculado el modelo en Midas Civil, es decir, idealizando las uniones como si fuesen nudos rígidos.

14.8. Colocación con grúa de alta capacidad (Fase 8)

Colocación de la pasarela ciclo-peatonal en su situación definitiva por ripado. Este proceso se realiza con una grúa de alta capacidad de 1.200 t situada en el margen oeste de la pasarela.

14.9. Acabados (Fase 9)

El proceso finalizará con la colocación del pavimento, de las barandillas, del sistema de iluminación y la revegetación de los taludes con el fin de evitar su erosionabilidad. Además, se dispondrán de tres bolardos a cada lado de la pasarela para evitar el tráfico de vehículos motorizados, se repondrán las aceras y se señalizará tanto los carriles de la zona ciclista como la prohibición de la circulación de los vehículos anteriormente mencionados.

15. Selección de la grúa móvil autopropulsada

15.1. Determinación de la carga máxima necesaria

La colocación de la pasarela en su posición definitiva se va a realizar sin el pavimento de madera ni las barandillas que se instalarán una vez ubicada la estructura metálica en su posición definitiva con el objeto de que se reduzca la carga que deben soportar las grúas puesto que actuarán con un alcance considerable y, consecuentemente, con menor capacidad de carga.

El peso de las diferentes barras de la estructura metálica se calcula a continuación:

a) Cordones

Cordones				
Núm. (Uds.)	Densidad (kg/m ³)	Área (m ²)	Longitud (m)	Masa total (kg)
2	7800	0.0224	87.07	30425.74

Tabla 1. Cordones (Fuente Elaboración propia)

b) Diagonales

Diagonales				
Núm. (Uds./celosía)	Densidad (kg/m ³)	Área (m ²)	L total (m)	Masa total (kg)
18	7800	0.0126	119	11695.32

Tabla 2. Diagonales (Fuente Elaboración propia)

c) Vigas transversales

Vigas transversales				
Núm. (Uds.)	Densidad (kg/m ³)	Área (m ²)	Longitud (m)	Masa total (kg)
38	7800	0.00538	6.45	10285.38

Tabla 3. Vigas transversales (Fuente Elaboración propia)

d) Vigas k

Vigas k				
Núm. (Uds.)	Densidad (kg/m ³)	Área (m ²)	Longitud (m)	Masa total (kg)
32	7800	0.00164	3.85	1575.97
4	7800	0.00164	3.26	166.81
			TOTAL (kg)	1742.78

Tabla 4. Vigas k (Fuente Elaboración propia)

e) Arriostramientos

Arriostramientos				
Núm. (Uds.)	Densidad (kg/m ³)	Área (m ²)	Longitud (m)	Masa total (kg)
2	7800	0.09344	6.45	9401.93

Tabla 5. Arriostramientos (Fuente Elaboración propia)

f) Pletinas

Pletinas				
Núm. (Uds.)	Densidad (kg/m ³)	Área (m ²)	Espesor (m)	Masa total (kg)
38	7800	0.0676	0.008	160.29

Tabla 6. Pletinas (Fuente Elaboración propia)

15.2. Determinación del alcance máximo necesario

Las dimensiones de la grúa móvil autopropulsada Liebherr LTM 11200-9.1 se muestran en las siguientes figuras:

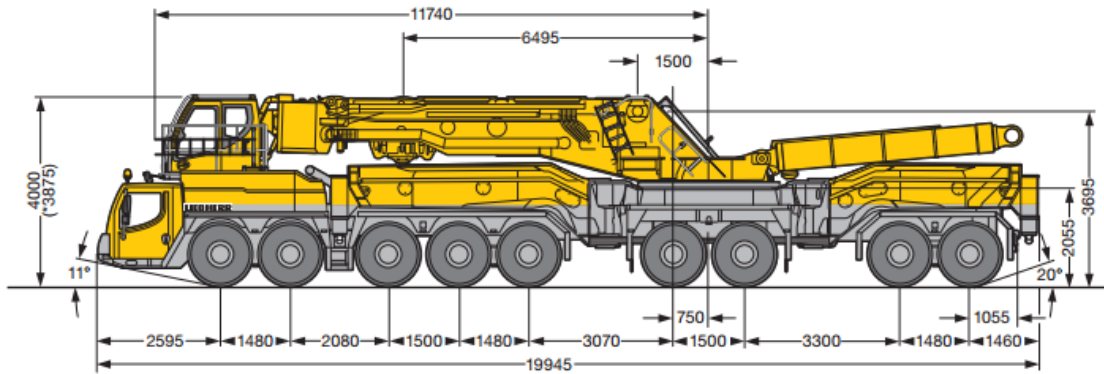
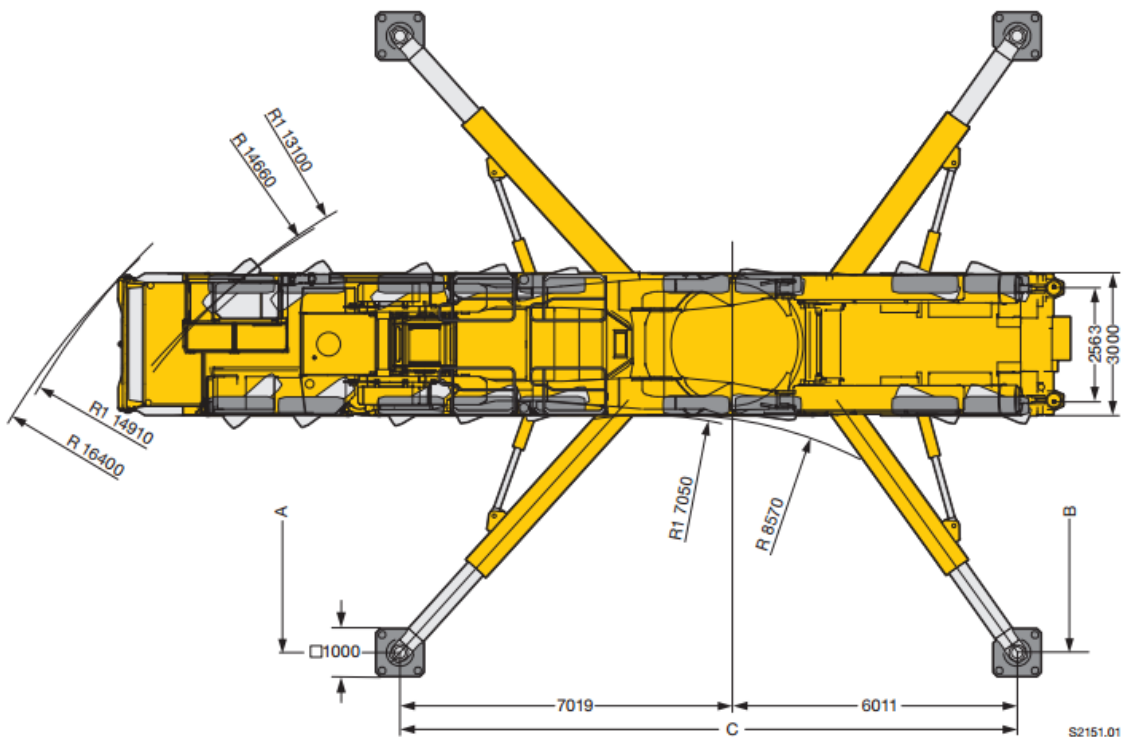


Imagen 18. Grúa móvil autopropulsada (Fuente Liebherr)



R₁ = Allradlenkung · All-wheel steering · Direction toutes roues · Tutti gli assi sterzanti · Dirección en todos los ejes · Поворот всеми колесами

	A	B	C
Maximale Abstützbasis · Maximum support base Base de calage maximale · Base appoggio stabilizzatori massima Base de apoio máxima · Максимальная опорная база	13016 mm	13010 mm	13030 mm
Reduzierte Abstützbasis · Reduced support base Base de calage réduite · Base appoggio stabilizzatori ridotta Base de apoio reducida · Неполная опорная база	10718 mm 9905 mm	9823 mm 9823 mm	10848 mm 11254 mm

Imagen 19. Grúa móvil autopropulsada (Fuente Liebherr)

Para poder escoger la grúa con la que trabajar se parte de la masa que ha de sostener y del vuelo a la que ha de entregar dicha carga. El primer valor entrante, es decir, la carga total la obtenemos sumando los valores anteriores:

$$Masa\ total = 64\ toneladas$$

Para el cálculo del vuelo tendremos en cuenta:

- Los 20,60 metros del centro luz de la estructura.
- Los 7,70 metros de la zapata del estribo.
- Los 7 metros desde el centro de la corona de orientación al extremo más próximo de la grúa.

$$Vuelo\ total = 36\ metros$$

Por tanto, tenemos que:

	35,8 m	41,6 m	47,5 m	53,3 m	59,1 m	65 m	70,8 m	76,7 m	82,5 m	88,3 m	94,2 m	100 m	
5	213												5
6	213	213											6
7	213	213	213										7
8	213	213	213	209									8
9	213	213	211	203	208	201	164						9
10	213	213	206	197	202	196	178	127					10
12	213	204	196	187	192	186	171	147	106				12
14	209	196	187	178	182	177	161	139	119	95			14
16	186	188	179	170	173	167	149	131	113	93	74		16
18	166	169	170	162	156	149	137	124	107	89	71	62	18
20	148	151	152	149	140	134	128	117	101	85	68	60	20
22	131	135	137	134	131	124	118	110	96	81	66	57	22
24	117	121	123	122	119	114	107	101	91	77	63	55	24
26	105	109	111	111	109	106	100	92	86	73	61	54	26
28	95	99	101	101	100	98	92	84	82	70	58	52	28
30	86	90	92	93	92	90	88	79	76	67	56	50	30
32	74	82	84	85	85	84	82	76	70	64	54	48,5	32
34	45	76	78	78	79	78	76	73	66	61	52	47	34
36		70	72	72	73	72	71	69	63	58	50	45	36
38		58	66	67	67	68	66	64	61	56	48,5	43,5	38
40		31	61	62	63	63	62	60	58	53	47	42	40
42			57	58	58	58	58	57	55	51	45,5	41	42
44			45,5	54	54	55	55	53	52	48,5	44	39,5	44
46				50	51	51	51	50	48,5	46,5	42,5	38,5	46
48				45	47,5	47,5	48	47	45,5	43,5	41	37,5	48
50				35	44,5	44,5	45	44	42,5	41	39,5	36	50
52					42	42	42	41,5	39	38,5	37	34,5	52
54					36,5	39,5	39,5	39	36,5	36,5	35	31,5	54
56					27,4	36,5	37	36,5	34,5	34,5	33	29	56
58						34,5	34,5	34	32	32,5	31	26,4	58
60						28,6	32	31,5	30	30,5	29,1	23,8	60
62						20,6	30	29,6	27,7	28,1	27,3	21,1	62
64							27,7	27,5	25,7	26,1	25,3	18,5	64
66							22,4	25,6	24,1	24,2	23,4	17	66
68								23,9	22,5	22,5	21,6	15,9	68
70								21,4	20,9	20,8	20	14,8	70
72								16,7	19,3	19,3	18,4	13,7	72
74									17,8	17,8	17	12,6	74
76									16,3	16,4	15,6	11,5	76
78									11,9	15,1	14,3	10,4	78

Tabla 7. Relación carga-vuelo (Fuente Liebherr)

Como se observa en la Tabla 7, para un vuelo de 36 metros y una altura comprendida entre los 41,60 metros y los 74,7 metros, la grúa escogida soporta una carga superior a las 64 toneladas que precisamos para nuestro proyecto.

El autor del proyecto recomienda los 41,60 metros por rapidez constructiva y menores problemas con los efectos climatológicos adversos.

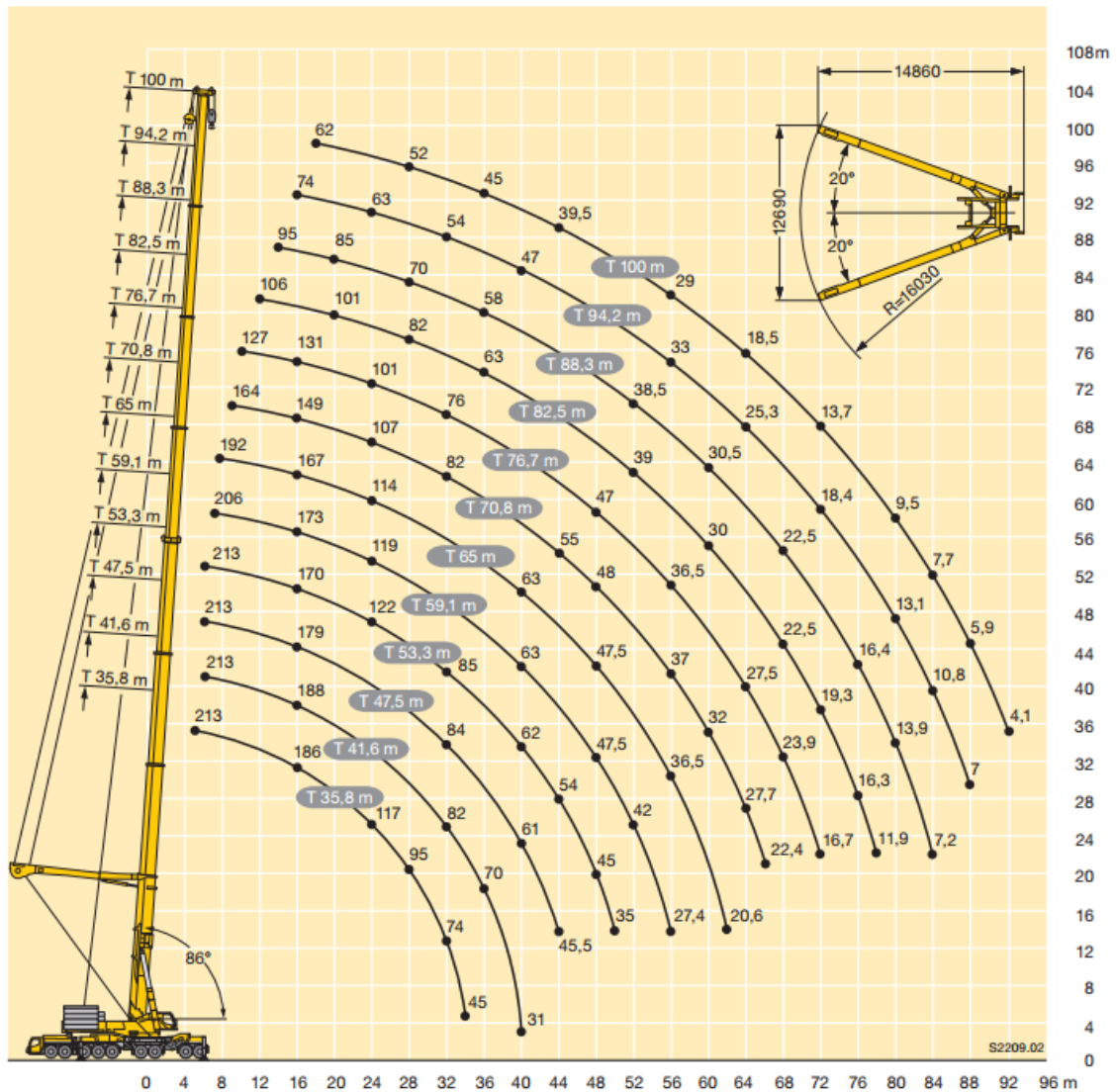


Imagen 20. Relación carga-vuelo (Fuente Liebherr)

La carga de contrapeso para esta solución es de 202 toneladas.

15.3. Condiciones de operación

Dado que hay que mantener la estructura en posición horizontal durante todo el procedimiento constructivo, a medida se disminuye el alcance es necesario aumentar la altura de la pluma (ya ocurre al darle más ángulo a la misma) y soltar cable, de modo que longitud del cable será máxima cuando la pasarela se apoye en el estribo.

Como se puede observar en la Imagen 3, para las citadas condiciones de carga, la altura del gancho será de 41,60 metros.

16. Iluminación

La iluminación de la pasarela es de tipo ornamental y su misión es resaltar la traza de la misma. Ésta va incorporada por debajo de los pasamanos en una cavidad destinada a tal fin en la que se instalarán fluorescentes compactos de 55 W. Los valores obtenidos son:

- Iluminancia Media: $E = 15 - 25 \text{ lux}$.
- Uniformidad Media: $U_{\text{med}} \geq 0,25$
- Uniformidad Mínima: $U_{\text{min}} \geq 0,10$

El cálculo se ha realizado con el software de Efilum de la marca comercial Benitoni resultando un total de 5 lámparas VIALIA a disponer en toda la zona.

17. Control de calidad

La Dirección de Obra tendrá la facultad de exigir al Contratista los ensayos que considere oportunos y éste deberá poner a su alcance los recursos humanos y materiales a tales efectos. Será exigible a cuenta del Contratista de la obra un importe igual al 1% del PEM de las unidades a ejecutar que le hayan sido concedidas de acuerdo con los estándares de calidad definidos en el Anejo 18.

18. Seguridad y salud

En el Documento nº 5 se incluye el estudio de Seguridad y Salud que tiene por objetivo establecer las bases técnicas para la detección de los parámetros de prevención necesarios en materia de prevención de riesgos laborales durante la ejecución de las obras del presente Proyecto.

El documento incluye:

- Memoria descriptiva de las precauciones a establecer con el fin de evitar los riesgos que entraña cada una de las actividades a llevar a cabo.
- Planos y fichas de definición de los elementos de seguridad a establecer, siendo éstos tanto referentes a las protecciones individuales como colectivas.
- Pliego de prescripciones donde se incluyen las premisas normativas a aplicar.
- Presupuesto destinado a las actuaciones de seguridad y salud de la obra.

El importe total (PEM) destinado a los elementos de Seguridad y Salud asciende a la cantidad de 20.182,70 € (VEINTE MIL CIENTO OCHENTA Y DOS EUROS CON SETENTA CÉNTIMOS)

19. Justificación de precios

Se ha utilizado el banco de precios BEDEC del ITeC. En el Anejo 21 se detalla la justificación de precios de los elementos que configuran la obra, incluyendo los materiales a emplear, la maquinaria necesaria y la mano de obra, obtenidos con el programa TCQ.

20. Revisión de precios

La duración total de las obras es aproximadamente de 5 meses, por tanto, no será aplicable la revisión de precios.

21. Clasificación del contratista

Se propone a continuación la clasificación que se tiene que exigir a los Contratistas para presentarse a la licitación de estas obras de acuerdo con el Reglamento general de la Ley de contratos de las administraciones públicas, aprobado por el Real decreto 1098/2001:

Grupo B-4 Puentes metálicos.

22. Presupuesto para conocimiento de la administración

El presupuesto de Ejecución Material de la obra asciende a la cantidad de 422.411,06 € (CUATROCIENTOS VIENTIDÓS MIL CUATROCIENTOS ONCE EUROS CON SEIS CÉNTIMOS).

La estructura del documento número 4, Presupuesto, consta de los siguientes capítulos:

- Trabajos previos.
- Movimientos de tierras.
- Cimentaciones.
- Estribos.
- Prefabricación de la estructura metálica.
- Tablero.
- Equipamientos y acabados.
- Limpieza final y recogida de obra.
- Seguridad y salud.
- Prueba de carga.

A su vez, cada uno de ellos se divide en otros subcapítulos en función del elemento considerado y las actividades constructivas que se llevan a cabo, según se detalla en el Resumen de Presupuesto del Documento número 4 del presente Proyecto.

Añadiendo un 6,00% de Beneficio Industrial y un 13,00% de Gastos Generales se obtiene el Presupuesto de Ejecución por Contrata, quedando éste como sigue:

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL.....	422.411,06
13 % Gastos Generales SOBRE 422.411,06.....	54.913,44
6 % Beneficio Industrial SOBRE 422.411,06.....	25.344,66

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA 502.669,16

21 % IVA SOBRE 502.669,16..... 105.560,52

TOTAL PRESUPUESTO POR CONTRATA CON IVA INCLUIDO 608.229,68

Este presupuesto de ejecución por contrata (IVA incluido) sube a seiscientos ocho mil doscientos veintinueve euros con sesenta y ocho céntimos

23. Documento que integran el proyecto

El conjunto de documentos que integran el presente Proyecto son los siguientes:

DOCUMENTO Nº1: MEMORIA Y ANEJOS

- Memoria descriptiva
 - Anejos a la memoria
 - Anejo nº 1A – Antecedente y razón de ser.
 - Anejo nº 1B – Ordenación urbanística
 - Anejo nº 2 – Reportaje fotográfico
 - Anejo nº 3 – Topografía y replanteo.
 - Anejo nº 4 – Geología y geotecnia
 - Anejo nº 5 – Hidrología, hidráulica y climatología.
 - Anejo nº 6 – Análisis de alternativas.
 - Anejo nº 7 – Expropiaciones y servicios afectados.
 - Anejo nº 8 – Sismicidad.
 - Anejo nº 9 – Cálculo estructural
 - Anejo nº 10 – Trazado.
 - Anejo nº 11 – Firmes y pavimentos.

- Anejo nº 12 – Drenaje.
- Anejo nº 13 – Renderización.
- Anejo nº 14 – Iluminación.
- Anejo nº 15 – Protección y conservación.
- Anejo nº 16 – Estudio de impacto ambiental.
- Anejo nº 17 – Gestión de residuos.
- Anejo nº 18 – Control de calidad.
- Anejo nº 19 – Procedimiento constructivo.
- Anejo nº 20 – Plan de obra.
- Anejo nº 21 – Justificación de precios.
- Anejo nº 22 – Presupuesto para conocimiento de la Administración.

DOCUMENTO Nº 2 – PLANOS

- Situación.
- Emplazamiento.
- Definición general.
- Perfil de terreno.
- Replanteo.
- Estribos.
- Definición geométrica.
- Soldaduras en las celosías.
- Soldaduras en el tablero.
- Juntas de dilatación.
- Neoprenos confinados.
- Barandilla.
- Procedimiento constructivo.
- Renderización.

DOCUMENTO Nº 3: PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS

DOCUMENTO Nº 4: PRESUPUESTO

- Mediciones.
- Cuadro de precio nº1.
- Cuadro de precios nº2.
- Presupuesto.
- Resumen de presupuesto.
- Última hoja.

DOCUMENTO Nº 5: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Barcelona, septiembre de 2016

AUTOR DEL PROYECTO



Fdo.: MARC REINA REDONDO

Ingeniero Técnico de Obras Públicas



Anejos a la memoria

ÍNDICE

**PASARELA CICLO-PEATONAL SOBRE LA
RIERA DEL PALAU (TERRASSA)**

Tabla de contenidos

- Anejos a la memoria
 - Anejo nº 1A – Antecedente y razón de ser.
 - Anejo nº1B – Ordenación urbanística
 - Anejo nº 2 – Reportaje fotográfico
 - Anejo nº 3 – Topografía y replanteo.
 - Anejo nº 4 – Geología y geotecnia
 - Anejo nº 5 – Hidrología, hidráulica y climatología.
 - Anejo nº 6 – Análisis de alternativas.
 - Anejo nº 7 – Expropiaciones y servicios afectados.
 - Anejo nº 8 – Sismicidad.
 - Anejo nº 9 – Cálculo estructural
 - Anejo nº 10 – Trazado.
 - Anejo nº 11 – Firmes y pavimentos.
 - Anejo nº 12 – Drenaje.
 - Anejo nº 13 – Renderización.
 - Anejo nº 14 – Iluminación.
 - Anejo nº 15 – Protección y conservación.
 - Anejo nº 16 – Estudio de impacto ambiental.
 - Anejo nº 17 – Gestión de residuos.
 - Anejo nº 18 – Control de calidad.
 - Anejo nº 19 – Procedimiento constructivo.
 - Anejo nº 20 – Plan de obra.
 - Anejo nº 21 – Justificación de precios.
 - Anejo nº 22 – Presupuesto para conocimiento de la Administración.