



## TESI DE MÀSTER

### Màster

Màster en Enginyeria de Camins, Canals i Ports

### Títol

Nueva línea de tranvía entre Montcada y UAB- Tramo Río Ripoll Montcada

### Autor

Jaime Conejo Feliu

### Tutor

Javier Pablo Ainchil Lavin

### Intensificació

Especialitat en enginyeria d'estructures i construcció

### Data

Junio 2015

# DOCUMENTO I: MEMORIA

---

**Proyecto:** NUEVA LÍNEA DE TRANVÍA ENTRE MONTCADA Y UAB.  
TRAMO RÍO RIPOLL MONTCADA.

**Autor:** JAIME CONEJO FELIU

**Tutor:** JAVIER AINCHIL LAVIN

**ETSECCP**

## ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN .....	3
2	ANTECEDENTES .....	3
2.1	Localización .....	3
2.2	Antecedentes .....	4
3	JUSTIFICACIÓN.....	5
3.1	Movilidad en el Vallès Occidental .....	5
3.2	¿Por qué un tranvía? .....	6
3.3	Conclusión .....	7
4	ESTUDIO DE ALTERNATIVAS .....	8
5	DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS.....	9
5.1	Topografía .....	9
5.2	Geología y Geotecnia .....	10
5.3	Urbanismo y drenaje .....	10
5.3.1	Urbanismo .....	10
5.3.2	Drenaje .....	10
5.4	Servicios afectados.....	11
5.5	Tráfico.....	11
5.6	Vegetación.....	11
6	TRAZADO .....	12
6.1	Consideraciones generales.....	12
6.2	Parámetros de diseño en planta y alzado .....	12
6.3	Trazado en planta.....	14
6.4	Parámetros del trazado en planta.....	16
7	TRAZADO EN ALZADO .....	17
8	VÍA, SUPERESTRUCTURA DE VÍA Y VEHÍCULO .....	18
8.1	Vía.....	18
8.2	Superestructura de la vía .....	20
8.3	Vehículo.....	21
9	PARADAS .....	22
9.1	Andén, plataforma de acceso y marquesinas .....	22
9.2	Ubicación y descripción de las paradas.....	23
9.3	Instalaciones.....	23
10	URBANIZACIÓN .....	25

10.1	Soluciones adoptadas por tramos.....	25
10.1.1	Tramo inicial.....	25
10.1.2	Tramo intermedio .....	26
10.1.3	Tramo final .....	27
11	ELECTRIFICACIÓN Y CATENARIA .....	28
11.1	Electrificación .....	28
11.2	Catenaria .....	29
11.3	Alumbrado.....	29
12	INSTALACIONES DE SEGURIDAD Y TELECOMUNICACIONES .....	31
12.1	Señalización ferroviaria .....	31
12.2	Comunicaciones .....	31
12.2.1	Red troncal de comunicaciones .....	32
12.2.2	Sistema de radiocomunicaciones.....	32
12.2.3	Sistema de videovigilancia .....	32
12.2.4	Sistema de megafonía.....	32
12.2.5	Sistema de telefonía e interfonía.....	32
12.2.6	Sistema de teleindicadores .....	32
12.2.7	Sistema de control de accesos y detección de intrusión .....	32
12.2.8	Subsistemas de comunicaciones del material móvil.....	33
13	ESTRUCTURA - PUENTE - .....	34
14	ORDENACIÓN Y REGULACIÓN DE TRÁFICO.....	36
15	EXPROPIACIONES .....	37
16	MEDIDAS CORRECTORAS DEL IMPACTO AMBIENTAL.....	38
16.1	Medidas correctoras en fase de obra .....	38
16.2	Medidas correctoras en fase de explotación .....	38
17	SEGURIDAD Y SALUD.....	39
18	PLAN DE CONTROL DE CALIDAD.....	40
19	JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS.....	41
20	PLAN DE OBRA.....	42
21	RESUMEN DEL PRESUPUESTO .....	43
22	CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA Y REVISIÓN DE PRECIOS .....	44
22.1	Clasificación del contratista .....	44
22.2	Revisión de precios.....	44
23	DOCUMENTOS DEL PROYECTO .....	47

## 1 INTRODUCCIÓN

El presente Proyecto Final de Máster tiene por objeto justificar la necesidad de la construcción de un tranvía entre Montcada i Reixac y la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB) así como definir y justificar todos los elementos que componen la infraestructura del mismo.

Dada la magnitud de esta línea de tranvía, en el presente proyecto únicamente se estudia un tramo del mismo, comprendido entre Montcada i Reixac y el río Ripoll – Cerdanyola del Vallès.

Para ello, realizar un estudio de alternativas y escoger la mejor de ellas mediante un estudio multicriterio con las consideraciones que se crean importantes, y finalmente desarrollar la alternativa escogida a nivel de proyecto constructivo.

## 2 ANTECEDENTES

### 2.1 Localización

El Vallès Occidental es una comarca de Cataluña, en la provincia de Barcelona. Limita al Norte con el Bages y Moyanés, al Este con el Vallès Oriental, al Oeste con el Baix Llobregat y al Sur con el Barcelonés. Las cocapitales de son las ciudades de Sabadell y Terrassa. Con el Vallès Oriental forma la gran comarca natura del Vallès.

Geográficamente, el Vallès y el Penedès forman la fosa tectónica del Vallès-Penedès, dentro de la depresión prelitoral catalana. Su población en 2012 era de 898 173 habitantes.



Figura 1. Localización de la comarca del Vallès Occidental



Figura 2. Comarcas del Vallès Occidental

## 2.2 Antecedentes

En el Plan Director de Infraestructuras 2012-2020 de la Región Metropolitana de Barcelona, se incluye la proyección, aunque todavía no se prevé su ejecución de la creación de una nueva línea de tranvía entre UAB i Montcada i Reixac.

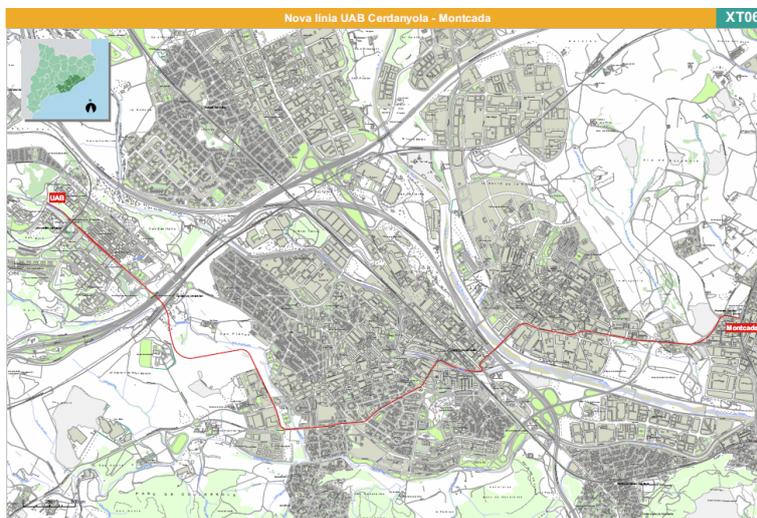


Figura 3. TramVallès PDI

Además la Plataforma por el TramVallès, propone la siguiente red de tranvía:



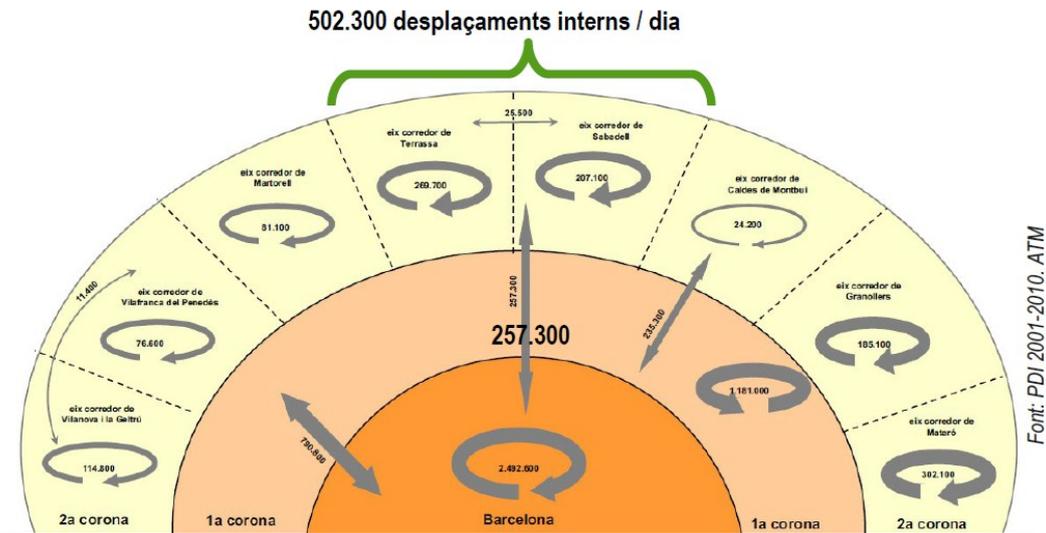
Figura 4. Esquema propuesto por PTV

Consideran que el tren tranvía del Vallès es un proyecto prioritario y reclaman a la Generalitat la aceleración de los trabajos para su definición y puesta en servicio. También dicen que el tramo Montcada – UAB – Barberà puede y debe estar realizada en un plazo máximo de 5 años.

**3 JUSTIFICACIÓN**

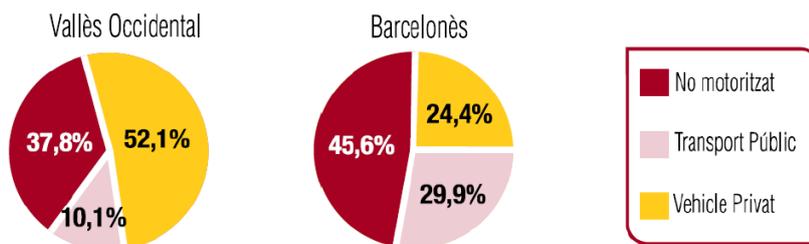
**3.1 Movilidad en el Vallès Occidental**

Actualmente, en el Vallès Occidental se producen 502.300 desplazamientos internos/día, entre el eje-corredor de Terrassa y el eje-corredor de Sabadell. En la siguiente figura vemos las relaciones entre ejes-corredores.



**Figura 5. Relaciones entre ejes-corredores: representación de flujos superiores a 10.000 viajes/día en los dos sentidos (Fuente: PDI 2001-2010 ATM)**

Del total de desplazamientos que se producen en el Vallès Occidental tiene un gran peso la movilidad interna que supone un 84% de los desplazamientos. Además, sólo un 10% del total de los desplazamientos se realiza mediante transporte público.



**Figura 6. Encuesta movilidad día laborable 2007 (ATM)**

El problema más grave es la **falta de transporte público** que hay fuera de Barcelona. Dentro del área de Barcelona los problemas del transporte público son la congestión y la velocidad.

### 3.2 ¿Por qué un tranvía?



Figura 7. Comparativas medios transporte

- Capacidad en menos espacio**, en lo que se refiere a un sistema guiado que permite acoplar vehículos.
  - 50% de la capacidad del metro pero cuesta 1/6 parte.
- Eficiencia energética**, en base al contacto entre la llanta y el carril de acero, con muy poco rozamiento,
  - Consumo un 30% menos de energía por pasajero que un bus eléctrico.
- Velocidad y seguridad**, ya que se trata de un sistema guiado que además se puede encontrar segregado del tráfico, sanforizado y controlados electrónicamente.

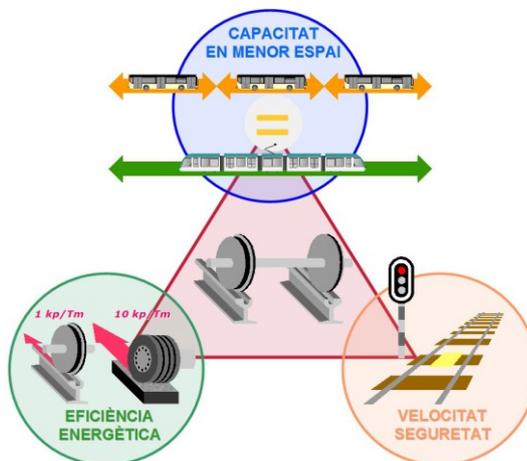


Figura 8. Ventajas tranvía

El tranvía es un transporte polivalente. Puede comportarse como una línea ferroviaria en el exterior de las ciudades, y como un tranvía accesible dentro de ellas, con un coste muy razonable.

### 3.3 Conclusión

Tras estudiar la situación del transporte público en el Vallès Occidental, en el presente trabajo se decide proyectar un tramo de dicha línea tranviaria.

En el presente trabajo se proyecta el tramo del TramVallès de Montcada i Reixac – Ripollet – Cerdanyola, desde la estación de Rodalies de Catalunya de Montcada i Reixac a la de Cerdanyola.



Figura 9. Tramo del proyecto

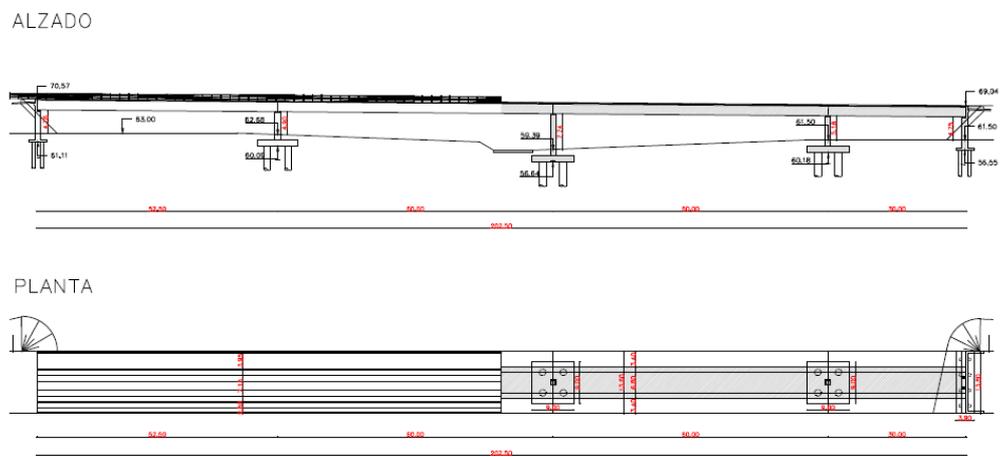
**4 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS**

A continuació se mostren les diferents alternatives plantejades en quant al traçat. La alternativa escogida ha sigut la que està dibuixada amb la línia roja.



**Figura 10. Alternativas del trazado**

En lo que respecta al paso del tranvía por el río Ripoll y la C-58, la alternativa escogida ha sido la proyección de un puente mixto de cajón metálico paralelo al puente existente.



**Figura 11. Puente mixto**

En el Anejo 2. "Estudio de alternativas" se detalla cada una de las alternativas y se realiza un estudio multicriterio para poder decidir cual de ellas es la idónea.

## 5 DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

Tal como se ha descrito en el punto anterior, el objeto de este proyecto es la ejecución de un tramo urbano de tranvía que una Montcada i Reixac con Cerdanyola.

El nuevo trazado discurre en su totalidad por terrenos de titularidad pública. Las obras se limitarán a la franja propia del tranvía, considerándolo todo como de titularidad pública y quedando fuera toda la urbanización, servicios afectados y demás elementos del entorno. Es por ello, que antes de iniciar las obras, e incluso durante su ejecución, se haga una recopilación de toda la información disponible relativa a los servicios y sus modificaciones existentes en la zona.

El criterio empleado en la redacción de este proyecto ha sido mantener las mismas soluciones de diseño adoptadas en el tranvía de Barcelona y todos sus elementos básicos que lo integran, tipo de puesta de vía, de señalización ferroviaria, diseño de paradas, etc.

Las obras de este proyecto se dividen básicamente en 3 tramos:

**Tramo inicial:** Montcada i Reixac

**Tramo medio:** Ripollet

**Tramo final:** Paso por el río Ripoll y Cerdanyola

A continuación se describen los principales puntos de la obra proyectada.



Figura 12. Tramos obra

### 5.1 Topografía

El ámbito de actuación del presente proyecto se sitúa en el eje formado por las vías Avenida Europa – Calle Industria – Calle Balmes – Carretera de Barcelona. En general, esta zona ya se encuentra fuertemente urbanizada y presenta poco desnivel a excepción de algún tramo con mayor pendiente.

Existen dos zonas que hay que diferenciar, en primer lugar, en el tramo inicial existe una zona no urbanizada actualmente pero que en un futuro si lo estará según el Plan Urbanístico de la zona. El trazado se ajusta perfectamente a las actuaciones futuras. Por otro lado, en el tramo final el trazado debe superar el cauce del río Ripoll.

Los datos topográficos y cartográficos de la zona, han sido obtenidos del Instituto Cartográfico de Cataluña (ICC).

## **5.2 Geología y Geotecnia**

*El tramo de tranvía que ocupa este proyecto discurre prácticamente en su totalidad en sectores de morfología suave y situados generalmente por encima los 50 metros por encima del nivel del mar.*

*Las obras en el tramo urbanizado incluyen la construcción de una estructura significativa para poder superar el río Ripoll y la autopista C-58, con sus correspondientes cimentaciones.*

*El resto del trazado consiste, básicamente, en lograr una explanada mínima de la categoría E1 donde implantar la superestructura de la vía. Será necesario llevar a cabo el saneamiento para asegurar que se cumplan todas las prescripciones del PG-3 referentes a este tipo de explanada. Además, cabe decir que las cargas que ocasiona la circulación de un tranvía son inferiores al eje de 13t de la instrucción, es decir, no ocasionan solicitaciones exigentes en el terreno.*

*En el Anejo 3, se presenta el estudio geotécnico de una parcela que se encuentra muy próxima a la zona de construcción del puente, siendo sus conclusiones perfectamente extrapolables a la zona requerida.*

## **5.3 Urbanismo y drenaje**

### **5.3.1 Urbanismo**

*En el Anejo 6 se presentan las consideraciones y criterios relativos a la urbanización. Hay que decir sin embargo, que el objeto del proyecto se limita a la franja propia del tranvía ya que prácticamente todo el trazado discurre por terreno ya urbanizado. Las características de las vías por donde pasará la traza permiten la viabilidad del proyecto, ya que se tratan de avenidas suficientemente anchas para poder implantar el tranvía sin producir una fuerte afectación a los usuarios actuales de la zona.*

*La filosofía de este proyecto es la de preservar al máximo la morfología de las vías afectadas por la obra su utilización, a pesar de la reordenación necesaria de los espacios para acoger el paso del tranvía. Sin embargo, se da prioridad si es necesaria, a los sistemas de transporte llamados sostenibles, como por ejemplo los peatones, ciclistas y usuarios del transporte público.*

### **5.3.2 Drenaje**

*Respecto al drenaje, el proyecto prevé la instalación de drenaje de plataforma de tranvía, con diferentes tipologías según el revestimiento superficial, manteniendo el tipo de solución ya existente. Se ha previsto la evacuación de aguas y conexión hasta los colectores existentes en la zona.*

*El sistema de drenaje para vía con adoquín se realiza mediante unas rejillas transversales y delimitadas por los bordillos separadoras de la plataforma de vía. El área de pavimento de adoquín fuera de la zona de los raíles puede drenar hacia el exterior de la plataforma o hacia su interior. En caso de que drene hacia el interior el agua se recoge a través de la garganta del carril, y a través de las ranuras en las gargantas de los cuatro carriles se intercepta por las rejillas transversales. En las zonas entre raíles el pavimento de adoquín se construye con un pequeño bombeo para drenar también el agua hacia las gargantas de los raíles, y se aplicará la misma solución a la entrevía.*

*Además se colocarán las rejillas transversales en los cruces con otras calles, una por cada lado, y en los pasos de peatones, una hilera de rejillas por paso, ubicada en la parte más alta de la plataforma dentro del paso (aguas arriba). Otro caso singular para la ubicación de rejilla transversal son los puntos bajos del alzado de la plataforma de vía.*

#### **5.4 Servicios afectados**

*La implantación de un tranvía requiere actuaciones de obra muy superficiales, por tanto, las afectaciones a los servicios son muy pequeñas, con intervenciones puntuales como pueden ser las líneas de alumbrado o de fibra óptica, o conexiones de los drenajes de la plataforma a las alcantarillas existentes. El estudio detallado de estas afectaciones queda fuera del interés de este proyecto.*

#### **5.5 Tráfico**

*El tramo de tranvía proyectado no sólo debe tener en cuenta la afectación más o menos directo al tráfico que circula por las vías por donde pasa la traza, sino que también debe garantizar la máxima permeabilidad transversal por las vías que la atraviesan.*

#### **5.6 Vegetación**

*En algunas zonas del recorrido podemos encontrar ubicados árboles. Una de las premisas de este proyecto es la de preservar los árboles, en la mayoría de casos sin afectarlos, o, cuando sea necesario, desplazándolos ligeramente y añadiendo. Además, en algún tramo de la traza, se colocará un revestimiento de césped en la plataforma.*

## 6 TRAZADO

En el Anejo 4 se describe de forma más detallada el trazado y los criterios de diseño adoptado, pero a continuación se exponen los principales puntos a tener en cuenta.

### 6.1 Consideraciones generales

Los parámetros geométricos introducidos han sido elegidos con el objetivo de alcanzar un alto grado tanto a nivel de explotación (velocidad comercial, mantenimiento de vías, comodidad del usuario) como a nivel de seguridad.

Por eso, se ha procedido a un cálculo completo de los ejes en planta buscando un trazado en el que prime la comodidad del usuario, limita la inclinación de los tranvías y las oscilaciones de la suspensión y limita el espacio lateral sobre la vía, que va en detrimento de la estabilidad y provoca un desgaste acelerado de los carriles.

El tramo de tranvía de este proyecto está formado por una sucesión de alineaciones y curvas que estarán diseñadas sin peralte para no afectar al tráfico rodado.

Las características de confort de los pasajeros tienen un carácter más restrictivo para la geometría que las condiciones de seguridad de la circulación de tranvías. No obstante, se ha optado por un cálculo de implantación generoso cuando las condiciones de inserción lo han permitido, en particular en las transiciones, este hecho también es muy importante para asegurar la correcta inserción del tranvía en el trazado y evitar riegos de descarrilamiento.

### 6.2 Parámetros de diseño en planta y alzado

La siguiente tabla resume los parámetros estándares de diseño:

Parámetros	Valores
<b>Velocidad máxima de circulación</b>	$V_{m\acute{a}x} = 50 \text{ km/h}$ en tramo urbano
<b>Ancho de vía</b>	1435 mm
<b>Radio horizontal mínimo de la red y vías de servicio:</b>	
<b>Deseable:</b>	25 m (en línea)
<b>Absoluto:</b>	20 m
<b>Radio vertical mínimo de la red:</b>	
<b>Deseable:</b>	700 m
<b>Absoluto</b>	300 m cóncavo 500 m convexo
<b>Pendiente máxima de la de red:</b>	
<b>Deseable (en rampas sin límite de longitud):</b>	60 ‰
<b>Absoluto (en situaciones puntuales):</b>	70 ‰
<b>Pendiente máxima excepcional en vías de servicio:</b>	80 ‰
<b>Distancia mínima entre ejes de dos vías paralelas en recta</b>	3,17 m (sin báculo en la entrevía) 3.52 m (con báculo en la entrevía)
<b>Ancho total mínima de franja reservada (2 vías en recta)<sup>1</sup>:</b>	3,31 m (sin báculo en la entrevía) + separador 6,66 m (con báculo en la entrevía) + separador
<b>Ancho de franja en paradas</b>	11,97 m (parada andenes laterales) 10,04 m (parada de andén central)

<b>Altura de cable de contacto de suministro eléctrica sobre la cabeza del carril:</b> <b>Máxima:</b> <b>Normal y cruces:</b> <b>Mínima (aplicable solo a trayectos inaccesibles a otros vehículos):</b>	6,00 m 5,75 m 4,00 m
<b>Longitud de andén en las paradas (para composiciones de 2 vehículos acoplados):</b>	Mínimo absoluto: 62,4 m General: 65 m Terminales intermediarias: (excepcionalmente) 40 m
<b>Altura de la acera del andén sobre la cabeza del carril:</b>	28cm (50 mm por debajo del piso interior del material móvil)
<b>Peralte máximo:</b> <b>En las paradas:</b> <b>En los tramos compartidos con el tráfico de peatones o de vehículos (compatible con el pendiente transversal del vial)</b> <b>En tramos exclusivos</b>	0 mm 45 mm 150 mm
<b>Transición entre dos rectas y curvas horizontales circulares:</b>	Clotoide Longitud mínima 10m
<b>Aceleración máxima transversal no compensada:</b>	En explotación: $0,68 \text{ m/s}^2$ Dimensionamiento para la infraestructura: $1 \text{ m/s}^2$
<b>Sobre-aceleración transversal máxima:</b>	$0,40 \text{ m/s}^2$
<b>Variación del peralte máxima</b>	2,50 mm/m

**Tabla 1. Parámetros básicos estándares de diseño del trazado del tranvía**

Todo seguido se describe ligeramente el trazado implementado. El trazado de este proyecto está constituido por dos ejes paralelos que tienen las siguientes longitudes:

<b>Eje</b>	<b>Longitud</b>
<b>1</b>	3 428,009m
<b>2</b>	3 434,579m

**Tabla 2. Longitud del trazado**

### 6.3 Trazado en planta

De acuerdo con las especificaciones descritas en el Anejo 4 de trazado, las soluciones adoptadas son las siguientes:

La plataforma, en todo el trazado será de ancho 7,15 m con entrevía de 0,75 m y con los postes de la catenaria en el centro y bordillos deparadores a ambos lados.

#### TRAMO INICIAL

El trazado discurre por la calle Salvador Dalí, y Avenida Europa (y Mas Duran). El trazado discurre en vía doble. El revestimiento será de adoquines en la calle Salvador Dalí y de césped natural en Avenida Europa (y Mas Duran).

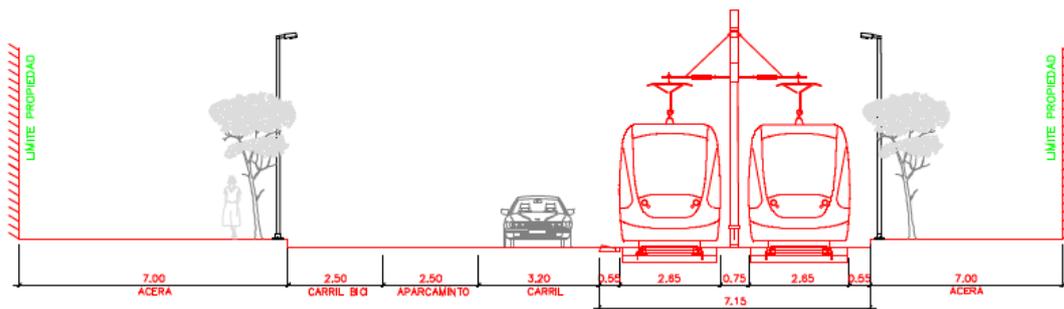


Figura 13. Sección tramo inicial por calle Salvador Dalí

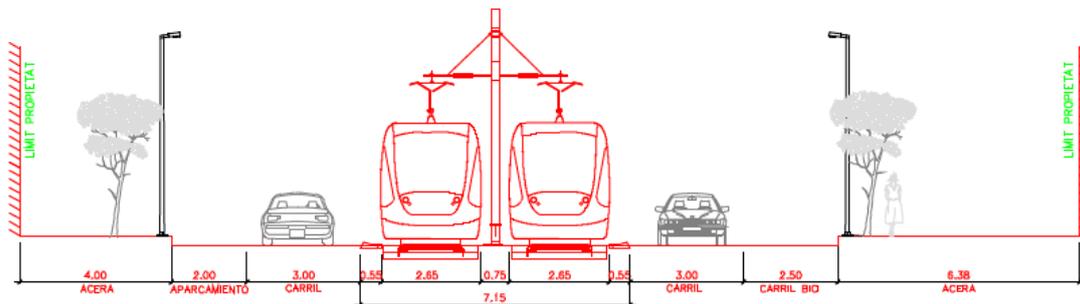


Figura 14. Sección tramo inicial por Av. Europa

TRAMO INTERMEDIO

El trazado discurre por las calles Industria y Balmes en vía doble por el centro de la calzada. El revestimiento de césped.

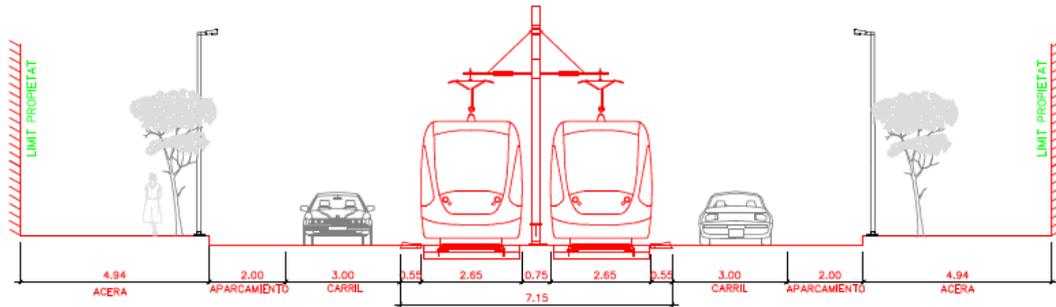


Figura 15. Sección tramo intermedio por calle Industria (I)

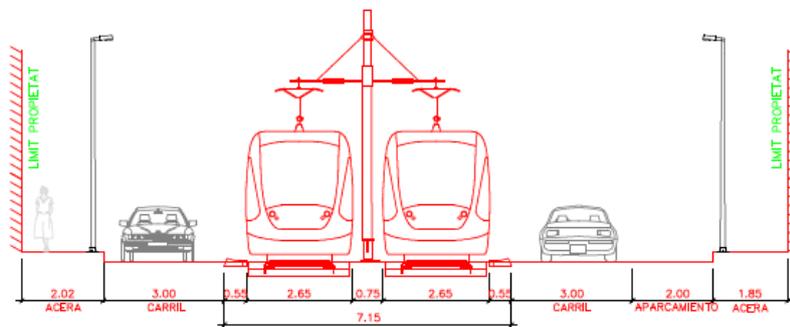


Figura 16. Sección tramo intermedio por calle Industria (II)

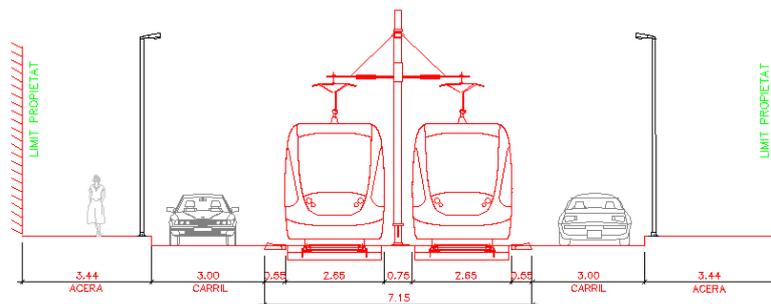


Figura 17. Sección tramo intermedio por calle Balmes

TRAMO FINAL

El trazado discurre por la calle Tarragona (y puente) y por la carretera de Barcelona con revestimiento de adoquines.

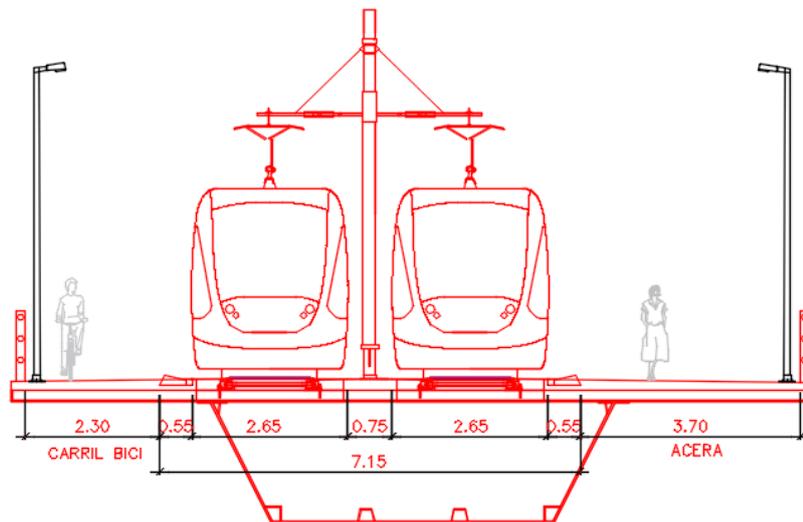


Figura 18. Sección tramo final por puente

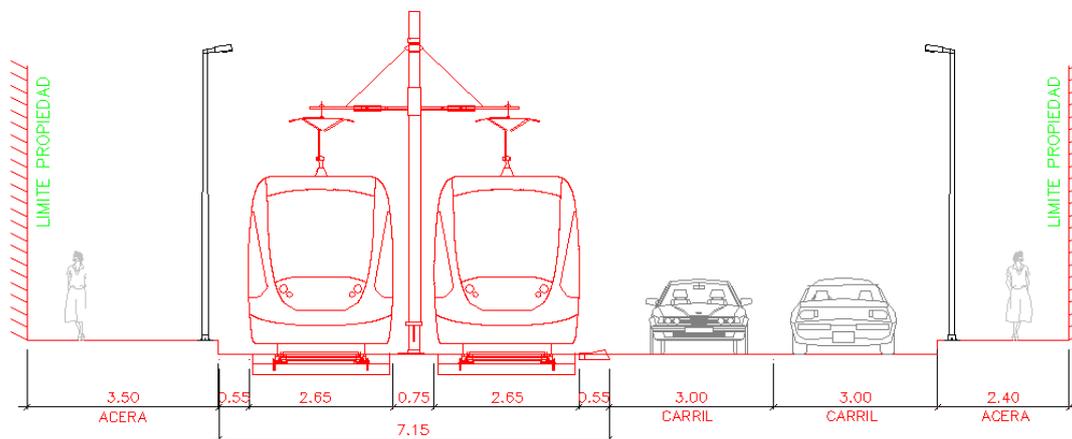


Figura 19. Sección tramo final por carretera de Barcelona

#### 6.4 Parámetros del trazado en planta

El radio mínimo que tenemos en todo el trazado del tranvía es de 25 metros y se localiza en el giro de la estación Intercambiador con la calle Salvador Dalí y el posterior giro para tomar la Av. Europa.

Este radio es cercano al mínimo exigido en las condiciones de diseño del trazado en planta de un tranvía, por ello, en el paso del tranvía por esta zona la velocidad se reducirá hasta 17 km/h. Esto no supondrá un problema ya que la curva está situada inmediatamente antes/después de la parada de Intercambiador Montcada - Ripollet y por tanto, el tranvía no podrá ir a grandes velocidades.

## 7 TRAZADO EN ALZADO

La mayor parte de la rasante del trazado se adapta en la medida de lo posible a la rasante de la calzada de la configuración actual. En las aceras que lo requieren se deprime la plataforma del tranvía 18 cm para ponerla a la altura de la calzada, y diferenciar mejor así el paso del tranvía. Dado que discurre en zona urbana con viales no peraltados, el trazado del tranvía tampoco se encuentra peraltado.

El trazado en alzado se ha realizado mediante alineaciones rectas enlazadas con transiciones parabólicas con un acuerdo mínimo adoptado de  $K_v = 1000$ . La pendiente máxima del terreno se sitúa por 3% y teniendo en cuenta, que con el conjunto de alineaciones rectas y de acuerdo verticales está pendiente se suaviza, se estará muy por debajo de los máximos exigidos en el trazado en alzado del tranvía (60 ‰).

En la siguiente tabla se detallan los valores de  $K_v$  y las longitudes totales de tangencia:

<b>ALINEACIONES</b>	<b><math>\theta</math> (i1-i2)</b>	<b>L(m)</b>	<b><math>k_v</math></b>
<b>A</b>	0,031	30,5	1000
<b>B</b>	0,004	30,1	7000
<b>C</b>	0,010	31,2	3000
<b>D</b>	0,013	25	2000
<b>E</b>	0,018	27	1500
<b>F</b>	0,021	31,95	1500

**Tabla 3 Valores de  $K_v$**

## 8 VÍA, SUPERESTRUCTURA DE VÍA Y VEHÍCULO

La superestructura de la vía debe permitir un reparto uniforme de las cargas en la plataforma del tranvía, el mantenimiento del ancho de vía y el guiado, sostenimiento de los vehículos con un desgaste mínimo de conservación y el revestimiento de la vía, que según la sección, deberá permitir la circulación de vehículos de carretera, de peatones, o bien aportará un carácter ornamental.

Por otra parte, hay que tener en cuenta que el carril es el elemento utilizado como retorno de la corriente de la catenaria. Por este motivo, hay que evitar las derivaciones y las corrientes erráticas que puedan provocar la corrosión de los elementos cercanos a la vía. Y es altamente recomendable ofrecer un buen aislamiento eléctrico al sistema derivado del peligro de dichas corrientes erráticas.

### 8.1 Vía

El ancho de vía entre caras internas de la red es de 1.435 mm, es decir, el ancho internacional con carril continuo soldado.

El carril que se coloca es el carril Ri55N. Para las bifurcaciones se proponen desvíos del tipo DR25-CC, DR50-CC y BR30-CR.

Las características de este carril son las siguientes:

<b>CARACTERÍSTICAS DEL CARRIL Ri 55 N</b>	
<b>Altura</b>	150 mm
<b>Anchura del patín</b>	150 mm
<b>Anchura de la cabeza</b>	56 mm
<b>Espesor del alma</b>	12 mm
<b>Ancho de garganta</b>	36 mm
<b>Profundidad de garganta</b>	47 mm
<b>Peso</b>	55,48 kg/ml

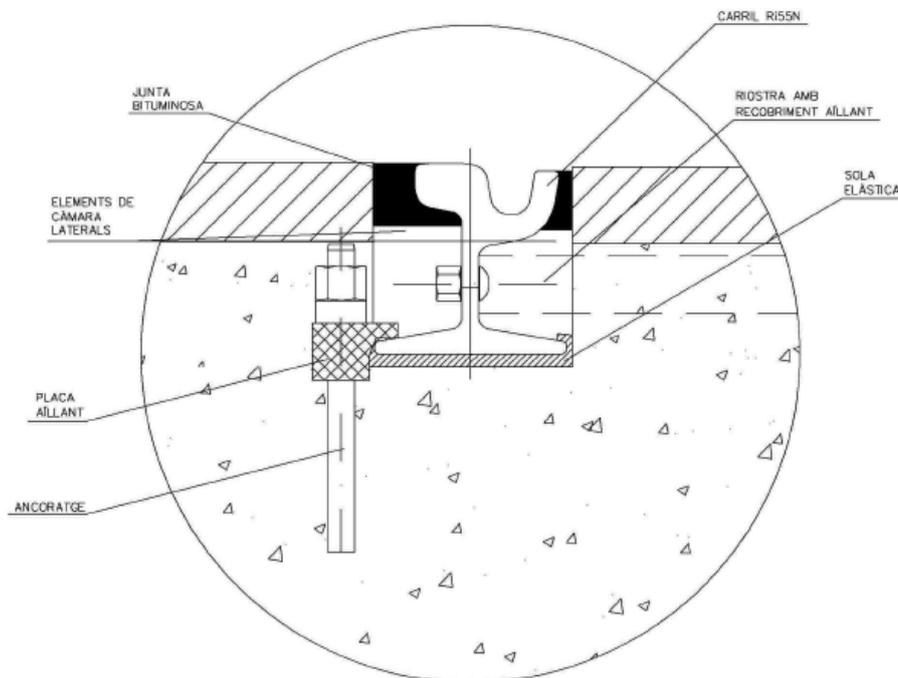
*Tabla 4. Características del carril Ri55N*



## 8.2 Superestructura de la vía

Por lo que respecta a la superestructura de vía se mantiene análogamente la solución empleada en las redes tranviarias de Barcelona, es decir, la vía en placa de hormigón con juntas especiales por apoyo de losas, con fijaciones elásticas y riostras alternadas, elastómeros bajo el patín, con elementos aislantes y elásticos entre el carril y el revestimiento. Esta solución se basa en una sección típica compuesta por

- 20 cm de hormigón HM-25 por debajo del patín del carril con 2,5 metros de ancho (por cada vía), con una malla de 20x20 en la zona de la junta y barras longitudinales de 8mm de diámetro en el borde pe en las zonas de adoquín y aglomerado
- Juntas especiales JRI cada 3 m, con goma de impermeabilización de la junta
- cm de zahorra artificial, compactado según PG-3
- Explanada mínima con CBR 5 (E1) encima de la que se dispone la puesta de vía Thyssen-Krupp (o similar) ilustrada en la imagen siguiente, y que esta detallada en el Anexo 7 y los planos.



**Figura 21. Esquema de la vía Thyssen-Krupp**

Dado que la mayor parte del trazado discurre por zona urbana, con radios relativamente estrictas, se ha previsto la correspondiente partida para la disposición de losa flotante para minimizar ruidos y vibraciones.

Respecto a los revestimientos de la vía, se han previsto las siguientes tipologías:

- Pavimento de piedra artificial, de adoquín o piezas prefabricadas, para espacios transitables para peatones, paradas o puntos singulares.
- Pavimento de aglomerado asfáltico: constituido por dos capas bituminosas (una de base y una otra de rodadura) de espesor adecuado extendido sobre la capa de hormigón compactado.

### 8.3 Vehículo

Los vehículos a utilizar podrían ser los mismos que hay en Barcelona. Los vehículos que recorren las líneas del Trambaix y el Trambesós de Barcelona, son el modelo Citadis de Alstom serie 302. Es una unidad de tranvía autóctona, con dos cabinas situadas en cada extremo, hechas de aluminio con refuerzos de acero y con piso bajo integral (a unos 35 mm del suelo).

Cada unidad consta de cinco módulos articulados, de 32 metros de longitud total, ancho de 2.65 metros y altura de 3.5 metros. De las 12 puertas de acceso, 4 están diseñadas para facilitar la entrada y salida de personas con movilidad reducida. La capacidad de transporte es de 300 pasajeros con 64 asientos y espacios destinados a las bicicletas. Además de disponer de ventilación, aire acondicionado y calefacción.

Cada tranvía incorpora 4 motores asíncronos trifásicos, compactos, ligeros y de alto rendimiento, con una potencia de 120 kW. Por eso el tranvía presenta una potencia total de 480 kW. El equipo de tracción es del tipo Onix 800, con semiconductores IGBT, con electrónica de potencia tipo Agate Control. La aceleración media es de 1,0 m/s<sup>2</sup> y la velocidad máxima es de 70 km / h. El equipo de frenado consta de freno de servicio (eléctrico y mecánico), freno de urgencia (mecánico y electromagnético), freno de emergencia (eléctrico, mecánico y electromagnético), y freno de estacionamiento. El frenado incorpora un sistema antipatinaje y antideslizamiento.

En la atención al viajero cuenta con megafonía, indicadores de destino interiores y exteriores, frontales y laterales, anunciador de paradas, alarma de viajeros, sistema de validación de billetes y estribo desplazable para facilitar el acceso de personas con movilidad reducida.



Figura 22. Citadis de Alstom serie 302 "Barcelona"

## 9 PARADAS

*Las paradas que presenta este proyecto serán idénticas a las paradas de la red del tranvía de Barcelona.*

*El sistema deberá ser totalmente accesible y utilizable por personas de movilidad reducida (PMR). El desnivel entre la plataforma del andén y la rasante de la calle se supera mediante rampas suaves que se adaptan a la normativa vigente relativa a la supresión de barreras arquitectónicas.*

### 9.1 Andén, plataforma de acceso y marquesinas

#### Andén y plataforma de acceso

*Los condicionantes básicos de diseño de la ida y la plataforma de acceso han sido:*

- *Altura respecto a las vías: 28 cm.*
- *Distancia entre el borde del andén y el vehículo será de 10 cm, como máximo absoluto.*
- *Establecimiento de dos rampas en las cabeceras de la plataforma, con pendiente no superior al 8% y alrededor del 4% habitualmente.*
- *Pavimentación antideslizante lo largo de toda la plataforma.*
- *Diferenciación cromática del borde de la plataforma para indicar el acceso al tranvía.*
- *Diferenciación de las texturas del pavimento para señalización de itinerario para invidentes. (Loseta estriado)*
- *Pendiente transversal del andén ( $\approx 2\%$ ) para el desagüe del agua.*
- *La longitud mínima absoluta de andén será tomada en 65 metros, salvo alguna parada que deberá ser de 45 metros por motivos de espacio.*

#### Marquesinas

*Las dimensiones de las hacen referencia a las características del tranvía y el andén. La longitud se sitúa en torno a 16 metros, ya que los ejes de las puertas centrales del tranvía se sitúan en 7.620 y 14.666 metros. La altura no deberá ser inferior a tres metros, para no cortar la visión del gálibo del tranvía. La anchura hasta cubrir la del andén.*

*La cubierta será vidriada (cristales tratados al ácido por una cara) con vidrio laminado con lámina de butiral de polivinilo transparente, de espesores pendientes del cálculo posterior. El modulaje los cristales será de un metro entre los ejes de los soportes metálicos. La parte central de la marquesina, correspondiente al núcleo de servicios e información, será cubierta con poliéster del mismo color que el conjunto del compacto. Esta parte cubierta contendrá la iluminación diferenciada del resto del andén.*

*La estructura portante de la cubierta constará de un nervio central o lateral (marquesinas dobles o simples) construido a base de perfilería de acero inoxidable. Este nervio se apoyará en las dos placas laterales metálicas del compacto de servicios y en los báculos. La cubierta, de una longitud de 16 metros, volará dos metros desde el apoyo de los báculos.*

*El nervio metálico, de una anchura de 60 cm, se diseña de forma que resuelva el desagüe de la cubierta y pueda servir como plataforma de servicios para la reparación de la cubierta y de las luminarias de los báculos.*

*Se colocarán barandillas de altura total 1,10 metros a lo largo de todos aquellos andenes que estén en contacto con el tráfico rodado, y al entorno de la zona de espera. En paradas integradas en el espacio peatonal no es necesaria la disposición de barandillas.*

El presente proyecto prevé 7 paradas realizadas según planos.

## 9.2 Ubicación y descripción de las paradas

La ubicación de las paradas será la siguiente:

Parada	Ubicación
<b>Intercambiador Montcada - Rpollet</b>	Carrer Marià Fortuny, 2
<b>Av. Europa</b>	Mas Duran, 4
<b>Industria</b>	Carrer Industria, Perllongació con carrer Sant Jordi
<b>Sant Jaume</b>	Carrer Industria, 10B
<b>Balmes</b>	Carrer Balmes, 10
<b>María Regordosa</b>	Carretera de Barcelona, 29
<b>Cerdanyola</b>	Carretera de Barcelona, 87

Tabla 5 Ubicación paradas

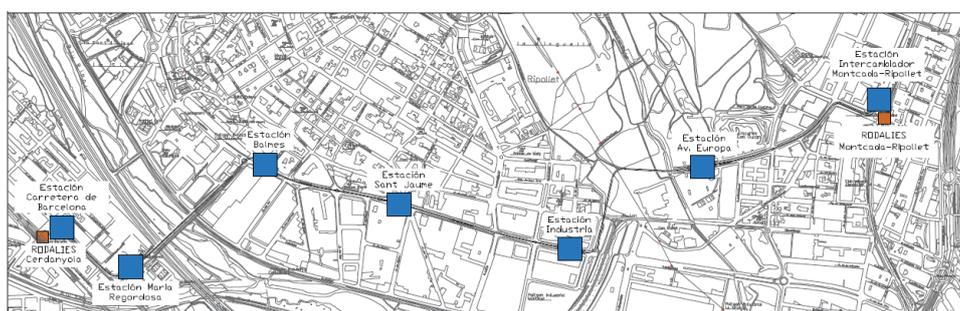


Figura 23. Ubicación parada

Todas las paradas disponen de la misma configuración en sección, con andenes a ambos lados de la plataforma de 2,5 metros de ancho.

En los planos del presente proyecto está detallada cada una de las secciones de las calles con las respectivas paradas.

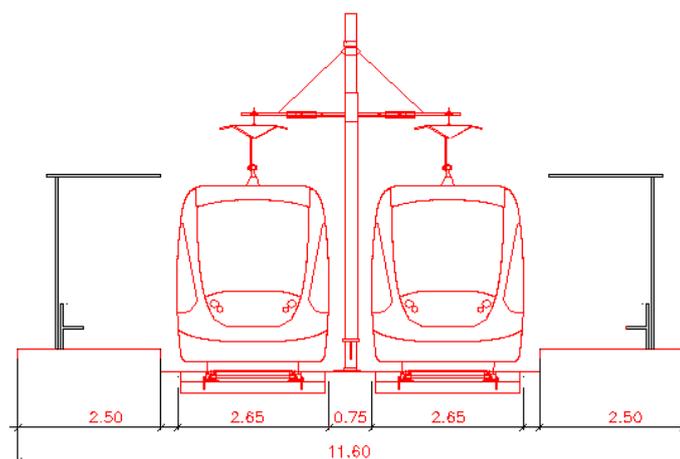


Figura 24. Sección tipo paradas

## 9.3 Instalaciones

Las instalaciones de parada prevén equipar con los elementos propios de parada (pantallas, megafonía, interfonía, billeteaje...) de 2 andenes.

*A continuació se define de manera breu el conjunt de instal·lacions, definides amb més detall en el Annex 5. Totes les instal·lacions de parada se monten en un compacte. Les dimensions generals d'aquest compacte són de 4.00 x 0.60 x 3.00 metres.*

*Con esta solució evitamos la dispersió de elements a lo largo del andén suprimiendo obstáculos que podrían agravar el problema de la escasa anchura del andén.*

*Otro motivo es que la concentración de los servicios eléctricos y electrónicos supone establecer un criterio de racionalidad y economía.*

*La identificación visual del "cerebro" de la parada es un objetivo importante de diseño. Se trata de que el usuario identifique con facilidad el centro de servicios e información a partir del color vivo del compacto y de una iluminación específica.*

*También, y cara a los peatones de la calle, el compacto soportará el logotipo identificativo de la línea de transporte.*

*Los servicios e instalaciones del módulo compacto serán:*

- *Máquina de billeteo (1100 x 600 x 1800 mm)*
- *Pantalla de información al viajero (560 x 200x 460 mm)*
- *Armario técnico TELECOM (600 x 450 x 2200 mm)*
- *Armario acometida eléctrica*
- *Interfono público (180 x 58 x 260 mm)*
- *Panel de información (Recorrido, líneas, horarios, etc.)*
- *Panel de publicidad (Institucional, cultural, etc.)*

*El compacto del andén simple (marquesina doble) estará preparado para instalar en él dos máquinas de billeteo, dos pantallas y dos interfonos.*

*La ventilación del compacto se realizará frontalmente hacia el interior del andén y lateralmente.*

## 10 URBANIZACIÓN

La implantación de un nuevo medio de transporte en el entorno urbano obliga a revisar el reparto del espacio público entre sus diferentes usos: espacio para peatones, espacio para el tranvía y espacio rodado (calzadas rodadas y carriles bici). Este nuevo reparto debe quedar lo máximo integrado posible, sin crear conflictos potenciales con el nuevo medio de transporte público.

El diseño de las diferentes secciones de las calles con el tranvía integrado ha tenido en cuenta los siguientes aspectos:

- Accesibilidad y seguridad del peatón
- Afectación y regulación de la circulación
- Inserción de sistemas de señalización viaria y equipamientos del tranvía
- Integración positiva del tranvía.

### 10.1 Soluciones adoptadas por tramos

A continuación se describen las diferentes soluciones adoptadas en cada tramo. Además, el revestimiento en los pasos de peatones sobre la plataforma será asfáltico. Las rampas cumplirán con las recomendaciones del Código de Accesibilidad de Cataluña, con pendiente longitudinal inferior al 12% y transversal inferior al 2%. Se dispone loseta específico para invidentes en rampas de cruces y pasos de peatones.

#### 10.1.1 Tramo inicial

A continuación se muestran las diferentes soluciones adoptadas para el tramo inicial:

En la calle Salvador Dalí se dispone el aparcamiento en batería, un carril para la circulación y aceras de siete metros a ambos extremos de la calzada.

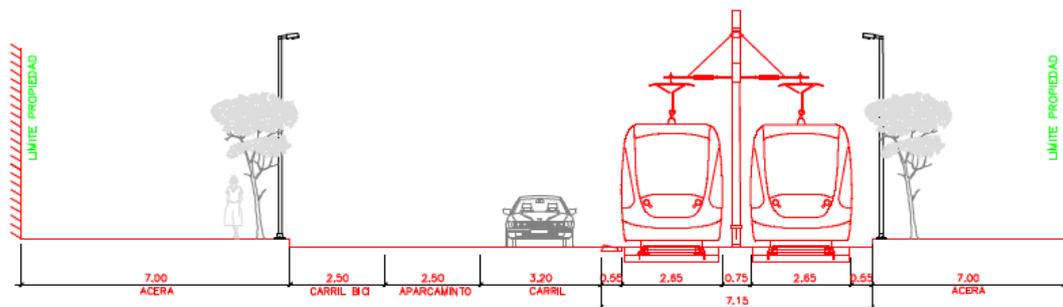
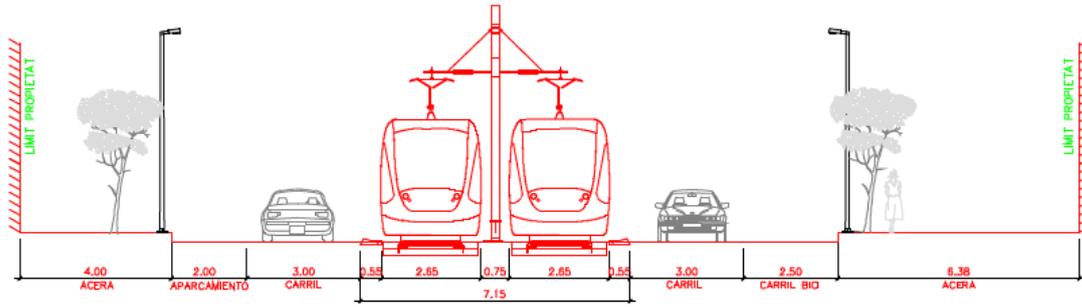


Figura 25. Urbanización calle Salvador Dalí

En la Av. Europa se mantiene la configuración actual de aceras, aparcamientos y un carril de circulación para cada dirección a ambos lados de la plataforma del tranvía.

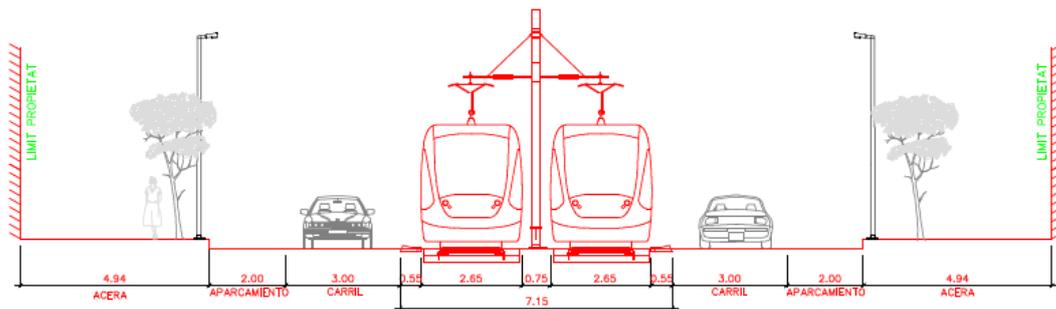


**Figura 26. Urbanización Av. Europa**

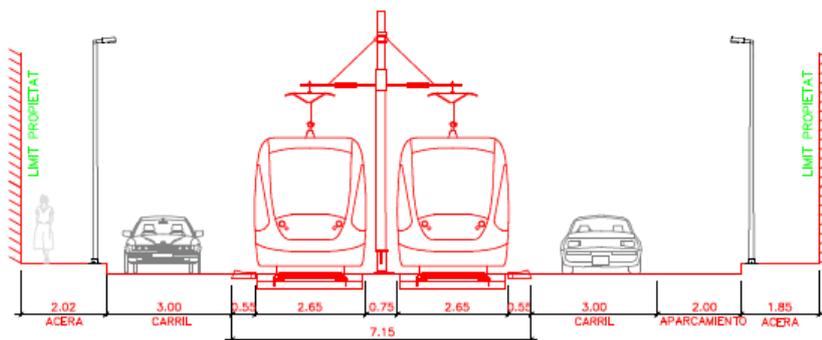
Posteriormente a la Av. Europa el trazado discurre por una zona no urbanizada, actualmente hay una zona salvaje. Consultando el Plan Urbanístico de la zona se ha visto que en un futuro está previsto que la calle Mas Duran (prolongación de Av. Europa) discorra por esa zona, por lo que, se ha intentado adaptar el trazado a la futura disposición de Mas Duran.

### 10.1.2 Tramo intermedio

En el primer tramo de la calle Industria se adopta la misma solución adoptada para la Av. Europa y en el segundo tramo se debe eliminar una línea de aparcamiento por la limitación del ancho de la calle.



**Figura 27. Urbanización calle Industria (I)**



**Figura 28. Urbanización calle Industria (II)**

En la intersección entre calle Industria, Balmes y Sant Jaume hay una gasolinera que entorpece el paso del tranvía, además se pretende diseñar una parada justo donde está ésta situada. En este proyecto se propone la supresión de esta gasolinera ya que hay otra a 600 metros.

En la calle Balmes se procede al ensanchamiento de la rambla central y se mantienen carriles de circulación a ambos lados de la plataforma y aparcamientos.

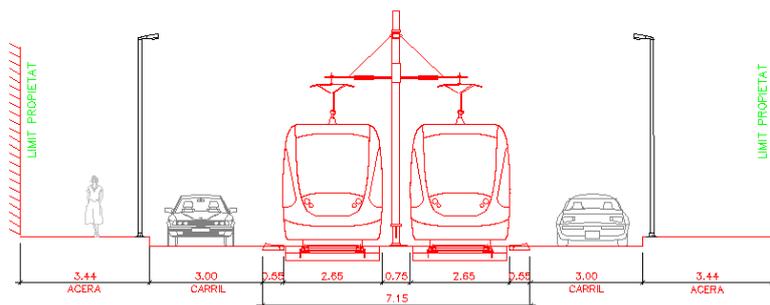


Figura 29. Urbanización calle Balmes

### 10.1.3 Tramo final

El tramo final discurre por el puente sobre el río Ripoll, con 13,6 metros de ancho. Dispone de un carril bici de unos 2,3 metros de ancho y acera para peatones de 3,7 metros de ancho. Se prevé la colocación de bancos orientados hacia aguas arriba en la acera para poder disfrutar de las vistas y también de diferentes lugares para hacer deporte.

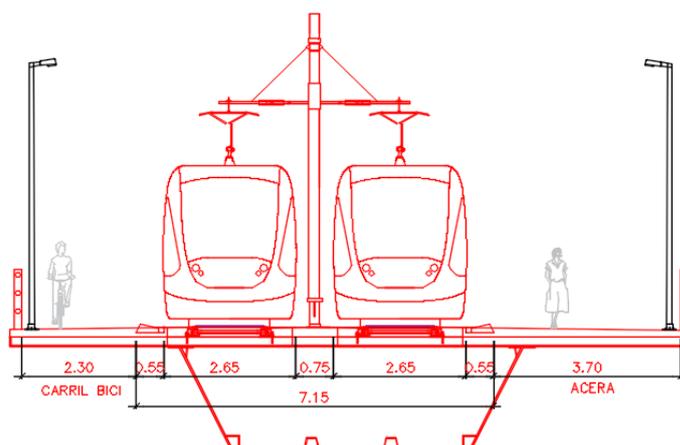


Figura 30. Urbanización puente

En el tramo situado en la carretera de Barcelona, por motivos de espacio, la plataforma discurre colindante con la acera peatonal.

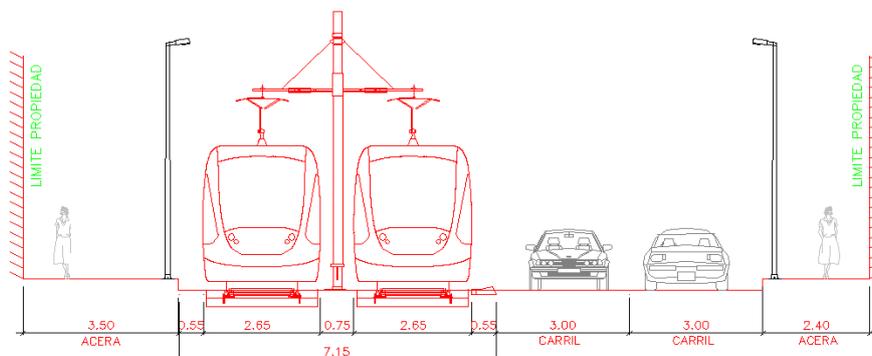


Figura 31. Urbanización carretera de Barcelona

## **11 ELECTRIFICACIÓN Y CATENARIA**

*La tensión de alimentación para los tranvías será de 750 V en corriente continua.*

*La alimentación de los grupos tractores se hará mediante la línea aérea de contacto, conectada a las subestaciones de tracción ubicadas a lo largo del trazado. Estas subestaciones se alimentarán de una red de 25 kV conectada en extremos a dos estaciones receptoras de Compañía diferentes e independientes entre sí.*

*Se dimensionará el sistema para la circulación de tranvías de 800 kW de potencia, formados por dos unidades acopladas a 400 kW cada una.*

*En el Anejo 8 se detalla este apartado.*

### **11.1 Electrificación**

#### *Acometida de la red*

*El anillo de distribución de energía eléctrica a 25 kV, para alimentación de las subestaciones de tracción, alimentará en extremos desde dos estaciones receptoras eléctricamente fuertes. Se contratará una potencia estimada de 12 MW a 25 kV, los cuales podrán ser suministrados indistintamente desde ambas receptoras.*

*Las dos estaciones receptoras estarán conectadas a respectivos centros de distribución, ubicados en edificios de dos de las subestaciones, y que darán suministro eléctrico a la red de distribución de 25kV.*

*Los centros de distribución estarán formados por las celdas de media tensión de protección, seccionamiento y medida de la energía consumida por la red a 25 kV del tranvía.*

#### *Red de distribución a 25 kV*

*Las estaciones de tracción del nuevo sistema del tranvía estarán conectadas entre sí mediante una red eléctrica de tipología anillo abierto en extremos.*

*La red consistirá en una línea trifásica de tensión nominal 25 kV, conectada en extremos a los dos centros de distribución de la compañía, y el trazado seguirá el del tranvía, siendo instalada en canalizaciones subterráneas paralelas a la vía.*

#### *Subestaciones de tracción*

*Se instalarán subestaciones de tracción cada 1,5 km aproximadamente. Estarán alimentadas a 25 kV y con salida a 750 V en corriente continua, de salida hacia la línea aérea de contacto.*

*Se prevé una subestación de tracción en el inicio del trazado, en la calle Salvador Dalí y otra en el tramo final, en el parque María Regordosa.*

*En subestaciones de la red se prevé espacio suficiente para instalar dos grupos transformador rectificador, con todo el menaje correspondiente, y con unas dimensiones tipo previstas de 16x11 metros o bien 21x6 metros.*

*Cada subestación de tracción dispone de un sistema de potencia formado por:*

- *Conjunto de celdas de media tensión a 25kV*

- *Transformadores de tracción*
- *Grupos rectificadores*
- *Celdas de salida de feeder*

*Seccionadores feeder Además, van equipadas con una serie de servicios auxiliares, como por ejemplo:*

- *Sistema de alumbrado*
- *Red de tomas de corriente*
- *Sistema de ventilación*
- *Sistema de detección y extinción automática de incendios*
- *Sistema anti-intrusión*

*La subestación dispondrá de un control automatizado mediante autómatas programables. Este sistema se comunicará mediante interface con la red de telemando de energía.*

*Los edificios estarán compartimentados en dos niveles. En el nivel superior habrá una sala técnica donde se ubicarán los equipos, mientras que en el inferior habrá una galería para el interior de la que se instalarán los cables de interconexión entre equipos, soportados por bandejas metálicas.*

## **11.2 Catenaria**

*La corriente alcanzará los tranvías por medio de un hilo de contacto de catenaria hecho de cobre de 150mm<sup>2</sup> según EN 50-149.*

*Los hilos de catenaria alimentarán a través de armarios feeder, y cables de Cu de 240 mm<sup>2</sup> de aislamiento 1,8/3 kV, conectados al hilo de contacto.*

*En el tramo superficial, el hilo quedará suspendido mediante conjuntos de suspensión de hilo tranviario tipo "delta" consistentes en dos grifas de hilo de contacto que se unen a dos placas que cuelgan de un cable sintético de poliéster recubierto de poliamida.*

*Este cable se suspende de ménsulas formadas por barras con núcleo de resina de poliéster reforzado con fibra de vidrio y recubiertas de fibra. Estas ménsulas, se fijarán los postes o báculos de catenaria en su tacón (parte más alejada del hilo de contacto) mediante una rótula de giro que les permitirá girar para absorber las dilataciones del hilo, y se dotará a las ménsulas con tirantes formados por cables de acero o parafrilia aislante que se fija al poste de catenaria.*

*Los postes o báculos serán del tipo troncocónico (excepto los de parada) y todos de 8 metros de altura, con cimentaciones de hormigón armado y anclados a ellos a través de pernos de anclaje.*

*Los hilos de catenaria se instalarán a 5,75 metros de altura sobre el plano de rodadura, con las mismas pendientes que la infraestructura de vía y se instalarán con un descentramiento y flecha máxima en curva de +/- 200 mm.*

*El sistema de catenaria deberá garantizar el doble aislamiento de la instalación.*

## **11.3 Alumbrado**

*Los báculos de apoyo de la catenaria se utilizarán para sustentar el alumbrado público cuando proceda. De esta manera se reduce el impacto ambiental del conjunto por exceso de elementos verticales.*

*Eléctricamente, el sistema de alumbrado será independiente del de tracción del tranvía, ya que la alimentación se realizará a baja tensión. Cada tramo entre paradas alimentará desde los cuadros de baja tensión de las paradas colaterales. Los cables de baja tensión se instalarán en canalizaciones subterráneas que seguirán el trazado de la vía.*

*Los niveles de diseño en cuanto a la luminosidad serán de 30 lux en las calzadas y 15 lux en las aceras.*

*Cada parada recibirá alimentación eléctrica de la red local en baja tensión. El cuadro de baja tensión de la para alimentará tanto el alumbrado propio como los equipos que incorporan (tele indicadores, máquinas de billeteaje, validadoras, cámaras de video...). Desde este cuadro también alimentará el tramo de alumbrado viario correspondiente e incorporará el autómata de regulación de las luminarias.*

## 12 INSTALACIONES DE SEGURIDAD Y TELECOMUNICACIONES

### 12.1 Señalización ferroviaria

El sistema de señalización ferroviaria es el responsable de garantizar la seguridad y la regularidad de la circulación de tranvías mediante la lógica de los enclaves dispuestos. La señalización permite establecer los itinerarios a seguir por las composiciones actuando convenientemente sobre los aparatos y elementos de la señalización, mover las agujas a su posición correcta y abrir las señales para informar al conductor que puede circular.

El equipamiento del sistema de señalización ferroviaria se puede dividir en dos grandes grupos:

- Equipamiento fijo: instalado a lo largo del recorrido y en las estaciones.
- Equipamiento móvil: embarcado en el material móvil.

En general, el tranvía circula en “marcha a la vista”, es decir, regulando su marcha en función de los obstáculos visibles que se pueda ir encontrando. A lo largo de la línea, hay señales e indicadores que informan de varios aspectos a los conductores.

### 12.2 Comunicaciones

Se utilizará el mismo sistema utilizado en el tranvía de Barcelona. El sistema utilizado consiste en una red SDH (Sincronous Digital Hierarchy) de intercambio de paquetes TCP/IP.

El sistema de transmisión de los equipos de las paradas se basa en una red de transporte de tipo SDH extendida a lo largo de la vía del tranvía y con una configuración lógica de anillo. Este sistema de comunicaciones “Backbone” transporta de una manera segura, a lo largo de toda la red del tranvía, tanto la voz como los datos y comunicaciones de la red local. Para alcanzar este objetivo, los equipos PCM (Pulse Code Modulation) se conectan por un lado con la red de 2 Mbps con el sistema de comunicaciones general y de la otra, con cada uno de los sistemas específicos de las paradas del tranvía.

El sistema de comunicaciones completo está constituido por un rack de comunicaciones sencillo a cada estación. Este rack aloja todos los equipos de comunicaciones de la estación: Sistema PCM a 2 Mbps, sistema MDF (Modulación por división de frecuencia) y caja del terminal óptico.

El sistema de control general de la red de comunicaciones está situado en PCC y desde ese punto se puede configurar y monitorizar todos los elementos de la red. A continuación, se enumeran los ámbitos que afectan a la parte de comunicaciones y que estarán más desarrollados en el Anexo 10:

Sistema de transmisión:

- Red troncal de comunicaciones
- Sistema de radiocomunicaciones
- Subsistemas de comunicaciones:
  - Sistema de videovigilancia
  - Sistema de megafonía
  - Sistema de telefonía e interfonía
  - Sistema de teleindicadores
  - Sistema de control de accesos y detección de intrusión
  - Subsistemas de comunicaciones del material móvil

### **12.2.1 Red troncal de comunicaciones**

*Está formada por cables de fibras ópticas que unen nodos activos, formando un medio de transporte de alta velocidad, fiable y redundante que soporta los servicios de voz, datos, LAN (Local Area Network) y vídeo.*

*La red troncal se forma mediante la interconexión de los nodos ópticos a través de un doble anillo de dos fibras ópticas monomodo. En condiciones normales de operación sólo permanece activo un anillo por donde se transporta la información. El otro anillo se encuentra en estado de reserva activa y se pone en funcionamiento cuando el anillo activo sufre algún problema.*

### **12.2.2 Sistema de radiocomunicaciones**

*En cada tranvía existe un equipo de radio tren-tierra para soportar las comunicaciones bidireccionales de voz y datos entre el PCC y el vehículo. La radio telefonía es privada en grupo cerrado (PGT), preferiblemente digital y basada en TETRA o GSM-R y con cobertura en todo el trazado, talleres, cocheras y dependencias.*

*Desde el PCC se pudo realizar llamadas generales, selectivas, de grupo y de emergencia.*

### **12.2.3 Sistema de videovigilancia**

*Se instala para controlar las instalaciones y poder garantizar la seguridad de los pasajeros. Este sistema se utiliza en las paradas, colas de maniobra, subestaciones, cruces e interiores de los vehículos.*

*El sistema está comandado desde el PCC y permite la visualización y el control desde este de las imágenes captadas por todas las cámaras.*

### **12.2.4 Sistema de megafonía**

*El sistema de megafonía permite la difusión de las fuentes sonoras de música ambiental, mensajes emitidos por el operador de comunicaciones del PCC y mensajes del sistema de información al pasajero (teleindicadores).*

*La megafonía debe estar muy focalizada en el ámbito de la parada y utilizarse sólo para avisos y no por música o consejos comerciales, ya que las paradas se encuentran en superficie de la zona urbana.*

### **12.2.5 Sistema de telefonía e interfonía**

*Este sistema tiene por objetivo permitir la comunicación entre usuarios de oficinas, personal de talleres, personal de explotación y operadores del PCC, así como entre éstos y la red telefónica exterior. También permite la comunicación de los pasajeros con el operador del PCC asignado a través de los interfonos situados en las paradas.*

### **12.2.6 Sistema de teleindicadores**

*Su objetivo es proporcionar información a los viajeros en relación al tiempo de llegada y destino de los tranvías, así como otras informaciones de carácter general. Esta información se presenta mediante paneles indicadores.*

### **12.2.7 Sistema de control de accesos y detección de intrusión**

*El objetivo de este sistema es garantizar el acceso seguro a las subestaciones eléctricas, PCC, talleres y cocheras, armarios del sistema de transmisión... y permite:*

- *Detectar una intrusión en espacios controlados*

- *Señalar una intrusión a los operadores*
- *Restringir el acceso a los espacios controlados*

### ***12.2.8 Subsistemas de comunicaciones del material móvil***

---

*Para dar un mayor grado de confort y seguridad a los pasajeros, todos los vehículos deben de equipar con los siguientes sistemas:*

- *Sistema de radiocomunicaciones*
- *Sistema de interfonía*
- *Sistema de megafonía*
- *Sistema de información al viajero*
- *Sistema de videovigilancia*

### 13 ESTRUCTURA - PUENTE -

El trazado del tranvía, en su paso por el río Ripoll, necesita la proyección de un puente para poder superar tanto el río como la autopista C-58.

El tablero está compuesto por cuatro vanos de luces 52,5 m + 60 m + 60 m + 30 m, 202,5 metros de longitud total. Dispone un ancho constante de 13,6 metros.

El puente está formado por los dos estribos, las tres pilas y el tablero, que está formado por una sección mixta: una losa de hormigón armado de canto 0,2 metros dispuesta sobre una viga armada soldada de acero estructural en forma de U de canto 2,1 m. En total, el canto del tablero es de 2,3 m.

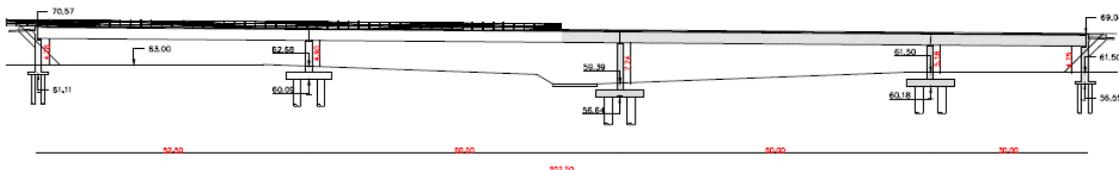
El tablero se encuentra simplemente apoyado sobre las pilas. Los apoyos de la viga sobre los estribos y las pilas son de tipo neopreno zunchado. Las pilas son de hormigón armado in situ, de dimensión cuadrada de canto 1,2 m.

La colocación de todos los elementos prefabricados está prevista mediante la utilización de grúas autopropulsadas convencionales situadas aguas arriba del río Ripoll.

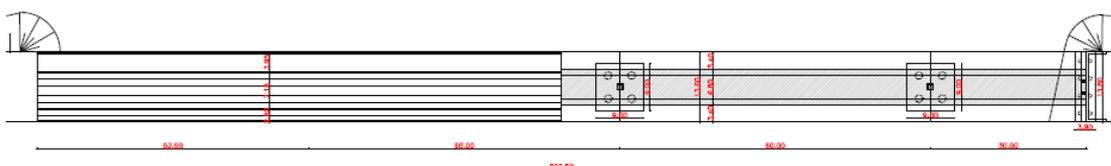
En todos los casos, la cimentación es profunda, mediante pilotes y encepados que se consideran rígidas. Los estribos y aletas dimensionados para la estructura son hormigonados in situ.

A continuación se muestra el alzado y la planta del puente proyectado:

ALZADO

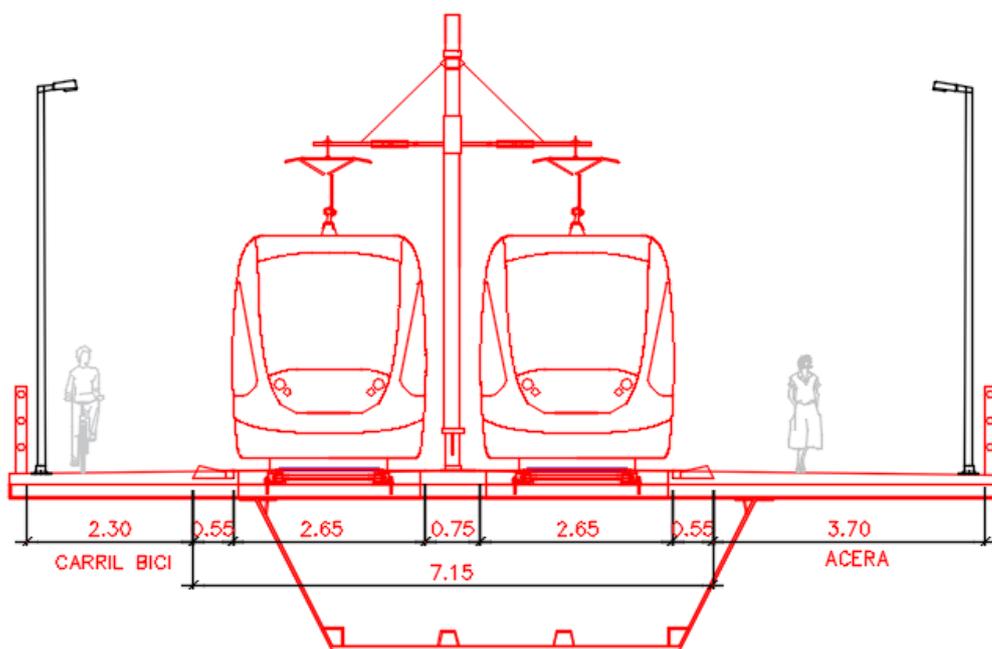


PLANTA



**Figura 32. Alzado y planta del puente**

En planta, la sección está compuesta por la plataforma del tranvía de 7,15 metros de ancho con un carril bici de 2,3 metros y una acera de 3,7 metros de ancho a cada lado de la plataforma.



*Figura 33. Sección transversal del puente*

*En el Anejo 11 "Memoria de cálculo del puente" se detallan todos los cálculos y características de la estructura, definición geométrica, cargas consideradas, materiales y el cálculo estructural.*

## **14 ORDENACIÓN Y REGULACIÓN DE TRÁFICO**

*La implantación de una red de tranvía en una zona urbana consolidada conlleva un conjunto de modificaciones de las características del sistema de movilidad soportado por la red actual de transporte, afectando tanto a las vías afectadas por el recorrido de la línea de tranvía como un entorno de vías que deberán ser utilizadas para la absorción de las necesidades de reubicación de usos de las calzadas.*

*La ordenación y regulación del tráfico en el eje vial del tranvía y las vías del entorno tienen como objetivo la implantación de los movimientos del tranvía con la máxima eficacia, dentro de unas condiciones de impacto mínimo sobre el tráfico.*

*El diseño estará encaminado a conseguir la inserción del tranvía en la red de circulación, procurando las condiciones adecuadas de seguridad y velocidad comercial, y definir las medidas de ordenación y regulación del tráfico necesario para mantener unas condiciones adecuadas de circulación de vehículos.*

*En el Anejo 11 se detallan las propuestas de ordenación de tráfico en todo el trazado.*

## **15 EXPROPIACIONES**

*Tal y como ya se ha comentado más arriba, las obras objeto de este proyecto discurren por viales de titularidad pública.*

*Es por eso que los obras objeto de este proyecto no comportan ninguna afectación.*

## **16 MEDIDAS CORRECTORAS DEL IMPACTO AMBIENTAL**

Se presenta el estudio de Seguridad y Salud en el anejo 13 de la memoria, donde se hace un análisis pormenorizado de los riesgos de la obra.

El presupuesto de ejecución material resultante del Plan de Seguridad y Salud es de 314 400,49 € que incorpora como partidaalzada en el presupuesto de las obras.

### **16.1 Medidas correctoras en fase de obra**

Las medidas correctoras que se presentan en el anejo 12 se refieren a:

- *Medio atmosférico: las medidas se refieren a la prevención y minimización del levantamiento de polvo durante la ejecución de las obras, así como las emisiones de gases y acústicas de la maquinaria.*
- *Contaminación del agua: es necesario prestar especial atención a las prácticas y procedimientos utilizados tanto en fase de obra como en fase de explotación, en cuanto a evitar posibles contaminaciones del agua.*
- *Medidas de protección de los árboles: antes de iniciar las operaciones que puedan afectar a los árboles, se protegerá el tronco y el conjunto de raíces y se definirá un plan de gestión de las tierras vegetales.*
- *Explotación de vertederos: consiste en establecer la forma de localizar y explotar el vertedero, de forma que se minimicen sus efectos sobre el medio ambiente y se facilite la posterior restauración.*
- *Explotación de préstamos, graveras y canteras: se velará por la forma en que se llevará a cabo la explotación de préstamos y graveras, para minimizar los impactos ecológicos y paisajísticos.*
- *Instalaciones y servicios auxiliares de la obra: parque de maquinaria y chatarra, oficinas, almacenes, vestuarios, gestión de accesos, almacenamiento de combustible en la obra, vertidos accidentales de productos eco tóxicos y suministro de hormigón.*
- *Protección de los servicios, reposición de accesos y permeabilidad territorial: se mantendrán los accesos y la permeabilidad territorial del escenario original aplicando medidas de restauración de acuerdo con las especificaciones detalladas en los proyectos singulares de cada servicio.*

### **16.2 Medidas correctoras en fase de explotación**

Durante la fase de explotación, las medidas correctoras a aplicar se base principalmente en:

- *Gestión de residuos: almacenamiento de forma ordenada y separando las tipologías de residuos de forma que se pueda hacer una recogida selectiva.*
- *Ruido y vibraciones: apoyos y recubrimientos elásticos*
- *Afectaciones electromagnéticas y corrientes erráticas: elementos aislantes según la normativa correspondiente.*
- *Contaminación del agua*
- *Reposición y plantación de árboles y zonas verdes*

## **17 SEGURIDAD Y SALUD**

*Se presenta el estudio de Seguridad y Salud y en el Anejo 15 y 16 de la memoria, donde se hace un análisis pormenorizado de los riesgos de la obra.*

*El presupuesto de ejecución material del Plan de Seguridad y Salud es de 314 400,49 € que se incorporan como partidaalzada en el presupuesto de las obras.*

## **18 PLAN DE CONTROL DE CALIDAD**

*En cumplimiento de la normativa vigente se redacta el Anejo "Plan de Control de Calidad" dónde se establece un plan de control de la calidad para la ejecución de las obras. En este anejo, se numeran las unidades objeto de control, el tipo, la frecuencia y la calidad de los ensayos a realizar.*

*Los controles a realizar son esencialmente de los siguientes tipos:*

- *Control material*
- *Control geométrico*
- *Control de la ejecución*

*El coste estimado del Plan de Control de calidad será de un 0,85% del presupuesto total. (231 409,90 €)*

## **19 JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS**

*La justificación de precios de este proyecto se basa en el banco de precios de GISA, realizado con los costos de mano de obra, maquinaria y materiales de mercado.*

*Para la utilización de un banco de precios homogéneo se ha decidido contemplar los sobrecostes por obras de pequeño importe, así como los sobrecostes en diversas comarcas de Cataluña en un único coeficiente.*

*El coeficiente seleccionado para contemplar estos aspectos es el porcentaje de costes indirectos que se aplica a la justificación de precios.*

*El coste mínimo de indirectos para todo tipo de obra se estima en un 5% aumentando en función de los aspectos antes mencionados. Con todo ello, los costes indirectos aplicados a los precios del presente proyecto son del 5%, tal como queda reflejado en la justificación de precios.*

*Los precios unitarios ofertados por el contratista tendrán incluida la parte proporcional de los sobrecostes por horario restringido, festivo y/o nocturno y no se realizará ningún abono adicional por este concepto.*

*Del mismo modo, los precios ofertados por el contratista habrán tenido en cuenta la singularidad de la obra, por lo que el contratista no podrá reclamar ningún incremento de precios debido al bajo rendimiento de las tareas.*

*El detalle de la justificación de precios se encuentra en el anexo 14 de la memoria.*

## **20 PLAN DE OBRA**

*En cumplimiento del artículo 132 del Reglamento General de la Ley de contratos de las Administraciones Públicas (RD 1098/2001 de 12 de octubre) y del artículo 124.1 parte "e" del Real Decreto Legislativo 2/2000 de 16 de junio de contratos de las administraciones públicas (BOE 06/20/2000), se elabora el Anejo 15. Plan de obra, donde se estudia con carácter indicativo el posible desarrollo de los trabajos. Para las obras definidas en el presente proyecto estima como período óptimo de ejecución de veintisiete (27) meses.*

*La ejecución de las obras comprende los siguientes subcapítulos:*

- *Acta de replanteo*
- *Trabajos preliminares*
- *Obra civil*
- *Instalaciones y señalización*
- *Acabados generales*

**21 RESUMEN DEL PRESUPUESTO**

**PRESUPUESTO DE EJECUCION POR CONTRATA** Pág. 1

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL.....	28.112.123,13
13 % GASTOS GENERALES SOBRE 28.112.123,13.....	3.654.576,01
6 % BENEFICIO INDUSTRIAL SOBRE 28.112.123,13.....	1.686.727,39

**Subtotal** 33.453.426,53

21 % IVA SOBRE 33.453.426,53..... 7.025.219,57

**TOTAL PRESUPUESTO POR CONTRATA** € 40.478.646,10

Este presupuesto de ejecución por contrato sube a

( CUARENTA MILLONES CUATROCIENTOS SETENTA Y OCHO MIL SEISCIENTOS CUARENTA Y SEIS EUROS CON DIEZ CÉNTIMOS )

## 22 CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA Y REVISIÓN DE PRECIOS

### 22.1 Clasificación del contratista

De acuerdo con los artículos 25, 26, 36 y 133 del Reglamento General de Contratación del Estado (Aprobado por RD 1098/2001 de 12 de octubre de 2001), se propone a continuación la clasificación que debe exigir a los Contratistas para presentarse a la licitación de estas obras de acuerdo al Real Decreto 1098/2001 de 12 de octubre de 2001.

Grupo D: "Ferrocarriles"

Subgrupo 1 (categoría e). "Tendido de vías"

Subgrupo 3 (categoría d) "Señalización y enclavamientos"

Subgrupo 4 (categoría d) "Electrificación de ferrocarriles"

### 22.2 Revisión de precios

En los contratos de obras y suministro de fabricación, para el cálculo del presupuesto adicional por revisión de precios de cada anualidad, deberá tenerse en cuenta el concepto de previsión, el importe líquido por revisión de precios de las obras o de las fabricaciones pendientes de ejecutar, estimada de acuerdo con las siguientes fórmulas:

Electrificación ferroviaria, catenaria y sistemas asociados.

$$Kt = 0,07 At/Ao + 0,01 Ct/Co + 0,02 Et/Eo + 0,01 Ft/Fo + 0,01 Lt/Lo + 0,01 Rt/Ro \\ + 0,31 St/So + 0,04 Tt/To + 0,27 Ut/Uo + 0,25$$

Estaciones de ferrocarril

$$Kt = 0,02 At/Ao + 0,01 Bt/Bo + 0,06 Ct/Co + 0,06 Et/Eo + 0,02 Ft/Fo \\ + 0,02 Lt/Lo + 0,02 Pt/Po + 0,02 Qt/Qo + 0,04 Rt/Ro \\ + 0,25 St/So + 0,19 Tt/To + 0,01 Ut/Uo + 0,04 Vt/Vo + 0,24$$

Bases de montaje de la vía

$$Kt = 0,02 At/Ao + 0,05 Ct/Co + 0,08 Et/Eo + 0,01 Ft/Fo + 0,01 Mt/Mo \\ + 0,02 Pt/Po + 0,15 Rt/Ro + 0,25 St/So + 0,02 Tt/To + 0,08 Ut/Uo + 0,31$$

Plataformas ferroviarias con túneles y viaductos

$$Kt = 0,01 At/Ao + 0,1 Ct/Co + 0,12 Et/Eo + 0,01 Mt/Mo \\ + 0,02 Pt/Po + 0,01 Qt/Qo + 0,09 Rt/Ro + 0,23 St/So + 0,01 Xt/Xo + 0,4$$

Plataformas ferroviarias sin elementos singulares

$$Kt = 0,01 Bt/Bo + 0,11 Ct/Co + 0,15 Et/Eo + 0,01 Mt/Mo + 0,02 Pt/Po + 0,22 Rt/Ro \\ + 0,13 St/So + 0,01 Xt/Xo + 0,34$$

Plataforma y vía

$$Kt = 0,01 Bt/Bo + 0,08 Ct/Co + 0,08 Et/Eo + 0,01 Mt/Mo \\ + 0,01 Ot/Oo + 0,02 Pt/Po + 0,18 Rt/Ro + 0,28 St/So + 0,01 Tt/To + 0,32$$

Señalizaciones y telecomunicaciones

$$Kt = 0,03 At/Ao + 0,02 Ct/Co + 0,02 Et/Eo + 0,01 Pt/Po + 0,01 Rt/Ro \\ + 0,08 St/So + 0,35 Tt/To + 0,14 Ut/Uo + 0,34$$

*Subestaciones eléctricas con equipamiento.*

$$Kt = 0,01 At/Ao + 0,02 Ct/Co + 0,04 Et/Eo + 0,01 Pt/Po + 0,02 Rt/Ro \\ + 0,07 St/So + 0,17 Tt/To + 0,31 Ut/Uo + 0,25$$

*Subestaciones eléctricas sin equipamiento.*

$$Kt = 0,03 Ct/Co + 0,06 Et/Eo + 0,01 Ft/Fo + 0,01 Pt/Po + 0,03 Rt/Ro \\ + 0,11 St/So + 0,22 Tt/To + 0,16 Ut/Uo + 0,37$$

*Electrificación ferroviaria: telemando de energía (media distancia).*

$$Kt = 0,03 St/So + 0,51 Tt/To + 0,22 Ut/Uo + 0,24$$

*Electrificación ferroviaria: telemando de energía (gran distancia).*

$$Kt = 0,01 Pt/Po + 0,06 St/So + 0,31 Tt/To + 0,06 Ut/Uo + 0,56$$

*Telecomunicaciones móviles (obra civil).*

$$Kt = 0,04 At/Ao + 0,04 Ct/Co + 0,03 Et/Eo + 0,01 Pt/Po + 0,02 Rt/Ro \\ + 0,22 St/So + 0,31 Tt/To + 0,01 Ut/Uo + 0,32$$

*Telecomunicaciones móviles (instalaciones)*

$$Kt = 0,24 Tt/To + 0,76$$

*Telecomunicaciones fijas y protección civil.*

$$Kt = 0,01 At/Ao + 0,01 Ct/Co + 0,02 Et/Eo + 0,01 Pt/Po + 0,01 Rt/Ro \\ + 0,06 St/So + 0,57 Tt/To + 0,01 Ut/Uo + 0,3$$

*Instalaciones de control de tráfico: seguridad y comunicaciones*

$$Kt = 0,04 At/Ao + 0,03 Ct/Co + 0,02 Et/Eo + 0,01 Ft/Fo + 0,02 Pt/Po + 0,02 Rt/Ro \\ + 0,1 St/So + 0,44 Tt/To + 0,07 Ut/Uo + 0,25$$

*Instalaciones de control de tráfico: afecciones*

$$Kt = 0,02 At/Ao + 0,02 Ct/Co + 0,01 Et/Eo + 0,03 Pt/Po + 0,01 Rt/Ro \\ + 0,04 St/So + 0,36 Tt/To + 0,21 Ut/Uo + 0,3$$

*Estructuras de hormigón armado y pretensado*

$$Kt = 0,01 At/Ao + 0,05 Bt/Bo + 0,12 Ct/Co + 0,09 Et/Eo + 0,01 Ft/Fo \\ + 0,01 Mt/Mo + 0,03 Pt/Po + 0,01 Qt/Qo + 0,08 Rt/Ro \\ + 0,23 St/So + 0,01 Tt/To + 0,35$$

Dónde:

<b><i>Símbolo</i></b>	<b><i>Material</i></b>	<b><i>Símbolo</i></b>	<b><i>Material</i></b>
<b><i>A</i></b>	<i>Aluminio</i>	<b><i>P</i></b>	<i>Productos plásticos</i>
<b><i>B</i></b>	<i>Materiales bituminosos</i>	<b><i>Q</i></b>	<i>Productos químicos</i>
<b><i>C</i></b>	<i>Cemento</i>	<b><i>R</i></b>	<i>Áridos y rocas</i>
<b><i>E</i></b>	<i>Energía</i>	<b><i>S</i></b>	<i>Materiales siderúrgicos</i>
<b><i>F</i></b>	<i>Focos y luminarias</i>	<b><i>T</i></b>	<i>Materiales electrónicos</i>
<b><i>L</i></b>	<i>Materiales cerámicos</i>	<b><i>U</i></b>	<i>Cobre</i>
<b><i>M</i></b>	<i>Madera</i>	<b><i>V</i></b>	<i>Vidrio</i>
<b><i>O</i></b>	<i>Plantas</i>	<b><i>X</i></b>	<i>Materiales explosivos</i>

***Tabla 6. Símbolos y materiales revisión de precios***

## **23 DOCUMENTOS DEL PROYECTO**

### *DOCUMENTO I: Memoria y anejos a la memoria*

#### *ANEJOS A LA MEMORIA*

1. *FOTOGRAFÍAS*
2. *ESTUDIO DE ALTERNATIVAS*
3. *GEOLOGÍA Y GEOTÉCNIA*
4. *TRAZADO*
5. *PARADAS*
6. *URBANIZACIÓN*
7. *SUPERESTRUCTURA DE LA VÍA*
8. *ELECTRIFICACIÓN Y CATENARIA*
9. *SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD DEL SISTEMA*
10. *SISTEMA DE COMUNICACIONES*
11. *MEMORIA DE CÁLCULO DEL PUENTE*
12. *PROCESO CONSTRUCTIVO DEL PUENTE*
13. *ORDENACIÓN Y REGULACIÓN DEL TRÁFICO*
14. *MEDIDAS CORRECTORAS DEL IMPACTO AMBIENTAL*
15. *ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD*
16. *PLANOS ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD*
17. *PLAN DE CONTROL DE CALIDAD*
18. *JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS*
19. *PLAN DE OBRA*

### *DOCUMENTO II: Planos*

1. *Localización*
2. *Topografía*
3. *Trazado en planta*
4. *Trazado en alzado*
5. *Planta de ordenación*

6. *Secciones calle*
7. *Paradas*
8. *Superestructura de la vía*
9. *Electrificación*
10. *Señalización ferroviaria*
11. *Puente*

*DOCUMENTO III: Pliego de Condiciones Técnicas*

*DOCUMENTO IV: Presupuesto*

1. *Mediciones*
2. *Cuadro de precios nº1*
3. *Cuadro de precios nº2*
4. *Presupuesto*
5. *Resumen del presupuesto*

*Barcelona, junio de 2015*

**AUTOR DEL PROYECTO**



*Jaime Conejo Feliu*