

**ANEJO Nº 15: SUPERESTRUCTURA**



ÍNDICE	
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2. SUPERESTRUCTURA DE VÍA</b>	<b>1</b>
2.1. OBJETO Y ALCANCE	1
2.2. CONDICIONANTES DE DISEÑO	1
2.2.1. Condicionantes de trazado	1
2.2.2. Esfuerzos estáticos y dinámicos sobre la vía	1
2.2.3. Transmisión de la energía	1
2.2.4. Requisitos medioambientales y de comodidad	1
2.2.5. Requisitos relativos a la conservación	2
2.3. SOLUCIONES TÉCNICAS ADOPTADAS	2
2.3.1. Tendido de vía	2
2.3.2. Carril	2
2.3.3. Perfiles	2
2.3.4. Riostra y anclaje lateral de vía	2
2.3.5. Mortero de nivelación y junta de sellado superficial	3
2.4. APARATOS DE VÍA	3
2.5. SOLERA Y REVESTIMIENTO DE LA VÍA	4
2.6. TRATAMIENTO DE RUIDOS Y VIBRACIONES	4
2.7. DRENAJE DE LA SUPERESTRUCTURA	5



## 1. INTRODUCCIÓN

El presente anejo tiene por objeto describir, por una parte, tanto los criterios de diseño como las soluciones técnicas empleadas para la colocación de la vía, los aparatos de vía y los revestimientos de la plataforma a aplicar en el nuevo ramal de ampliación del tranvía a Zorrotzaurre.

## 2. SUPERESTRUCTURA DE VÍA

### 2.1. OBJETO Y ALCANCE

En este apartado se estudia la superestructura más conveniente a implantar para el entorno y los condicionantes técnicos en el que se desarrolla la ampliación del tranvía.

Se ha tenido en cuenta plataforma de línea reservada en toda la longitud de tramo dentro del alcance del presente Estudio Informativo, excepto en las intersecciones y cruces imprescindibles con viales en los que la plataforma podrá ser transitada por vehículos de rodadura neumática.

Así mismo, la plataforma será accesible para peatones en los cruces sobre la misma habilitados a tal efecto, en los lugares en los que así lo demande la trama urbana y urbanización existente o prevista y en el entorno de las paradas dispuestas.

La anchura de la plataforma tranviaria en recta será variable, estando comprendida ésta entre los 5.85 m en las Avenidas de Abandoibarra y de Sabino Arana y los 6.50 m en Olabeaga. Estas anchuras vienen determinadas por las necesidades de gálibo horizontal que la implantación de la doble vía demanda.

Para poder definir la tipología de la superestructura se han tomado como base los siguientes criterios:

- Integrar la plataforma tranviaria en el entorno urbano por el que discurre.
- Atenuar el ruido y vibraciones, eliminando juntas en los carriles al establecer el sistema de barra larga soldada, y empleando elementos de apoyo y confinamiento elástico ya que el trazado discurre por zonas urbanas.

Además, se describen los elementos proyectados que constituyen la superestructura del tranvía, como aparatos de vía y el drenaje de la plataforma.

### 2.2. CONDICIONANTES DE DISEÑO

#### 2.2.1. Condicionantes de trazado

Los principales condicionantes de trazado son los siguientes:

- Radio mínimo de la curva circular en planta de 25 m y mínimo extraordinario de 15 m.
- Parámetro de acuerdo vertical, KV, mínimo de 350 para acuerdo cóncavo. Para acuerdo convexo se limita el KV a 450.
- Pendiente máxima en vía de 80 milésimas en la vía y de 20 milésimas en paradas y aparatos de vía.

#### 2.2.2. Esfuerzos estáticos y dinámicos sobre la vía

Los elementos que conforman la plataforma de vía y la propia vía deberán soportar los siguientes esfuerzos:

- Carga vertical por rueda de 5.000 daN.
- Esfuerzo transversal transmitido por la rueda al carril de 3.500 daN.

El coeficiente de sobrecarga dinámica se ha estimado en 1,5 para tener en cuenta la incidencia tanto de las masas suspendidas y no suspendidas, así como el deterioro del contacto entre la rueda y el carril.

#### 2.2.3. Transmisión de la energía

La transmisión de la energía electromotriz al material rodante se realiza mediante hilo de contacto para la captación de la corriente y a través de los carriles para la polaridad negativa.

Se tomarán las medidas oportunas para conseguir un correcto aislamiento de los carriles respecto a la tierra con el fin de limitar la propagación de las corrientes parásitas.

Para reducir la resistencia eléctrica del circuito de retorno de la corriente de fuerza, los cuatro carriles estarán interconectados en paralelo en las paradas mediante una conexión por cable.

#### 2.2.4. Requisitos medioambientales y de comodidad

##### 2.2.4.1. Requisitos de confort

Los requisitos que ha de cumplir la superestructura para permitir un confort suficiente a los usuarios son los siguientes:

- El trazado se compone de alineaciones rectas y de curvas. La unión en planta entre tramos rectos y curvos se realizará mediante clotoides que permiten una variación lineal de la curvatura y, por tanto, un incremento lineal de la fuerza centrífuga.
- En las curvas que tuvieran peralte, éste se obtiene mediante un alabeo de la vía y de la plataforma dentro del tramo de clotoide.

En el tramo proyectado no se ha previsto la disposición de peralte en curva por tratarse de un trazado urbano en el que es necesario mantener la posibilidad de cruce de la plataforma por peatones y tráfico rodado. En el Anejo nº 6: Trazado se incluyen el resto de los requisitos y condicionantes que se han tenido en cuenta en el trazado.

##### 2.2.4.2. Requisitos relacionados con la integración en el entorno urbano

A continuación, se exponen los condicionantes relacionados con la integración en el entorno urbano:

- Debe permitir tanto la circulación ocasional o continua de vehículos motorizados en algunos tramos, así como el paso de los peatones y ciclistas.
- Finalmente, el tipo de tendido deberá ser compatible con el revestimiento propuesto: hormigón impreso, mezcla bituminosa armada, césped, etc...

#### 2.2.4.3. Requisitos referentes a ruidos y vibraciones

El ruido producido por el paso de un tranvía es la suma de ruidos de distintos orígenes:

- Ruido de rodadura generado por el contacto de la rueda sobre el carril.
- Ruido irradiado por las cajas y los bogies.
- Ruido de equipos auxiliares (compresores, motores, reductor).
- Ruido repercutido por la plataforma.
- Ruido de rechinar atribuido al carril que se produce en las curvas de pequeño radio. Su origen se encuentra en las oscilaciones de torsión que nacen en el deslizamiento de la rueda sobre el carril. Resulta una emisión de ruido de alta frecuencia.

Las vibraciones se deben a la excitación dinámica de la rueda sobre el carril. La transmisión de las solicitaciones se propaga en el suelo, alcanzando las obras de ingeniería civil y hasta los cimientos de los edificios. No existe ninguna reglamentación que sea directamente aplicable, pero se recomienda que el nivel de sensibilidad percibido no supere los 68 dB de velocidad vibratoria, en el umbral de los edificios de viviendas (normas ISO 2631/2).

#### 2.2.5. Requisitos relativos a la conservación

Las operaciones de mantenimiento, tales como la renovación de carriles o la sustitución de agujas deben poder efectuarse con una mínima incidencia en la explotación de la línea.

En principio al no ser posible inspeccionar las vías empotradas, su diseño será tal que garantice de forma permanente, la geometría de los carriles y el ancho de vía, así como la estabilidad tanto en plano como de perfil de la plataforma.

### 2.3. SOLUCIONES TÉCNICAS ADOPTADAS

#### 2.3.1. Tendido de vía

Los tendidos de vía escogidos son los mismos que los ya utilizados en su momento en el resto del trazado del tranvía de Bilbao.

Para garantizar el ancho de vía, los carriles se unen mediante riostras transversales dotadas también de recubrimiento elástico.

Para las zonas con revestimiento permeable tipo césped, se ha optado por un sistema de tendido de vía anclada sobre tacos antivibratorios, sistema Edilon o similar, sobre el que se apoya el carril UIC54.

Para los tramos con revestimiento impermeable, es decir, de hormigón impreso o mezcla bituminosa, el tendido de vía propuesto es el de vía estuchada o tendido tipo SEDRA. Este tipo se compone de carril RI60N con recubrimiento elástico lateral y de la base del carril, formado por un conjunto de elementos plásticos y elásticos que son amoldables y se ajustan a la estructura del carril.

#### 2.3.2. Carril

Se emplean perfiles RI60N para vía con revestimiento en hormigón impreso, adoquín o mezcla bituminosa y perfiles UIC54 para vía con revestimiento en césped.

En las zonas de transición entre estos dos carriles se incluirán cupones mixtos de transición.

#### 2.3.3. Perfiles

Los perfiles que recubren el carril, tanto el recubrimiento del patín como los elementos laterales, deberán estar diseñados de tal forma que se ajusten perfectamente a la geometría del carril.

Aunque hay sistemas en el mercado que permiten su colocación sin necesidad de ningún medio adhesivo, en este proyecto se colocará junto al carril mediante una cola o adhesivo adecuado con el fin de evitar cualquier desacople entre carril y perfil lateral, lo que garantiza un óptimo aislamiento del ruido y las vibraciones.

Los materiales de que estarán constituidos estos perfiles deberán proporcionar la elasticidad necesaria al carril de garganta, por lo que serán elásticos. Los perfiles laterales tendrán la masa suficiente y la elasticidad adecuada para absorber las vibraciones del carril y no transmitir las al pavimento.

Las uniones de perfiles del mismo tipo se hacen mediante una cola o adhesivo y estos se sellarán a fin de impedir la entrada de agua o de polvo abrasivo.

En el perfil interior se taladran los agujeros en los puntos exactos donde se coloque la riostra transversal, teniendo en cuenta que se deben dejar los elastómeros envolventes de la riostra unos 5 o 10 mm más largos a fin de que efectúen una cierta presión sobre los laterales de caucho.

#### 2.3.4. Riostra y anclaje lateral de vía

En cuanto a la riostra, el sistema consta de un perfil de acero convenientemente aislado eléctricamente, para asegurar el ancho de vía. Esta riostra está atornillada en el medio del alma de los carriles de garganta, transversalmente a las mismas.

Esta riostra metálica puede corregir las tolerancias del carril para conseguir que la vía se quede en su posición correcta mediante galgas de distinto grosor que se suministran para el montaje de las riostras.

La riostra también lleva un perfil de revestimiento de acuerdo con la medida interior de la vía para aislarlo de la capa de acabado del sistema de vía.

La riostra se coloca cada 3 metros en recta, cada 1.5 m en alineación curva y cada 0.75 m en curvas de  $R < 50$  m.

Por último, en lo relativo al anclaje lateral de la vía está compuesto de 5 piezas:

- Perno o tornillo, que se ancla a la solera de la vía.
- Placa acodada de plástico, que impide el movimiento lateral del carril, así como el vuelco del mismo. Al no ser metálica aísla el patín eléctricamente.
- Arandela efecto muelle.
- Tuerca.
- Capuchón de plástico, que protege de los elementos de la penetración de hormigón, tierra, etc.

Este anclaje se colocará cada 3 metros alternativamente con las riostras y en las curvas cada 0.75 m, para colaborar y amortiguar los esfuerzos laterales que ejerce el vehículo en la cabeza del carril en los trazados en curva.

### 2.3.5. Mortero de nivelación y junta de sellado superficial

El mortero nivelador sirve para garantizar el buen funcionamiento del elemento de recubrimiento del carril, proporcionando una estructura dura y uniforme, sin permitir huecos o burbujas de aire entre la estructura y el elemento elástico.

Finalmente, hay que indicar que la función de la junta de sellado superficial es sellar el sistema en su superficie de forma continua, adhiriéndose al carril y al acabado estructural (aglomerado, hormigón o adoquines), para evitar que penetre humedad y completar el aislamiento eléctrico del sistema.

En caso de revestimiento en césped se hará el vertido de la junta antes de echar la tierra y plantar el césped para evitar que entren impurezas o agua.

El material de sellado será resina de poliuretano, con una elasticidad y plasticidad adecuada.

## 2.4. APARATOS DE VÍA

La geometría del trazado de los aparatos de vía es conforme a la terminología siguiente:

- Ángulo de desviación definido por la tangente.
- Sección de la vía desviada acoplada antes del corazón de agujas para formar un corazón rectilíneo o acoplado detrás del corazón para formar un corazón curvilíneo.

Relación de aparatos de vía en línea con sus características geométricas:

DESVIOS CONEXIÓN GLORIETA EUSKALDUNA (SENTIDO ATXURI) A OLABEAGA				
EJE	APARATO DE VÍA	PK NUDO	UTM X NUDO	UTM Y NUDO
EJE 1 EUSKALDUNA	DESVIÓ TG 1/6 R=50 m	3+725.179	X = 504,359.350	Y = 4,790,374.148
EJE 2 EUSKALDUNA	DESVIÓ TG 1/6 R=50 m	3+728.957	X = 504,361.246	Y = 4,790,369.954

DESVIOS CONEXIÓN GLORIETA EUSKALDUNA (SENTIDO BASURTO-LA CASILLA) A OLABEAGA				
EJE	APARATO DE VÍA	PK NUDO	UTM X NUDO	UTM Y NUDO
EJE 1 EUSKALDUNA	DESVIÓ TG 1/6 R=50 m	3+804.054	X = 504,365.090	Y = 4,790,303.081

DESVIOS CONEXIÓN GLORIETA EUSKALDUNA (SENTIDO BASURTO-LA CASILLA) A OLABEAGA				
EJE 2 EUSKALDUNA	DESVIÓ TG 1/6 R=50 m	3+800.417	X = 504,367.752	Y = 4,790,305.338

DESVIOS CONEXIÓN OLABEAGA (SENTIDO BASURTO-LA CASILLA) A GLORIETA EUSKALDUNA				
EJE	APARATO DE VÍA	PK NUDO	UTM X NUDO	UTM Y NUDO
EJE 1 ZORROTZAURRE	DESVIÓ TG 1/6 R=50 m	0+085.774	X = 504,286.106	Y = 4,790,338.441
EJE 2 ZORROTZAURRE	DESVIÓ TG 1/6 R=50 m	0+091.169	X = 504,282.413	Y = 4,790,334.102

DOBLE DIAGONAL OLABEAGA				
EJE	APARATO DE VÍA	PK NUDO	UTM X NUDO	UTM Y NUDO
EJE 1 ZORROTZAURRE	DOBLE DIAGONAL TG 1/7, R=100 m, E=3.50 m	0+207,820	X = 504166,598	Y = 4790313,681
EJE 1 ZORROTZAURRE	DOBLE DIAGONAL TG 1/7, R=100 m, E=3.50 m	0+232,320	X = 504142,608	Y = 4790308,710
EJE 2 ZORROTZAURRE	DOBLE DIAGONAL TG 1/7, R=100 m, E=3.50 m	0+208,719	X = 504167,308	Y = 4790310,253
EJE 2 ZORROTZAURRE	DOBLE DIAGONAL TG 1/7, R=100 m, E=3.50 m	0+233,219	X = 504143,318	Y = 4790305,283

DOBLE DIAGONAL FIN DE LÍNEA PARADA ZORROTZAURRE 4				
EJE	APARATO DE VÍA	PK NUDO	UTM X NUDO	UTM Y NUDO
EJE ENTREVÍA	DOBLE DIAGONAL TG 1/7 R=100 m E=4.00 m	2+274.464	X = 502763.726	Y = 4791432,539
EJE ENTREVÍA	DOBLE DIAGONAL TG 1/7 R=100 m E=4.00 m	2+298,954	X = 502749,840	Y = 4791456,853
EJE ENTREVÍA	DOBLE DIAGONAL TG 1/7 R=100 m E=4.00 m	2+274.464	X = 502760.253	Y = 4791430,555
EJE ENTREVÍA	DOBLE DIAGONAL TG 1/7 R=100 m E=4.00 m	2+298,954	X = 502746,367	Y = 4791454.870

A continuación, se enumeran sus características técnicas generales:

- Aparatos de cambio de aguja flexible con talón soldado, formado por un bloque mecanizado que actúa de resbaladera.
- Dispositivo de enclavamiento de la aguja.
- Fijación de la aguja con las mismas sujeciones que las empleadas para el resto de la vía.
- Corazón de cruzamiento de acero al carbono soldado por centelleo sin ensamble mecánico en acero al manganeso.
- Franqueo por garganta profunda o por garganta portadora.
- Aparato de maniobra:
  - Manual tipo tranvía con o sin inversión.
  - Eléctrico con motor electrohidráulico calzado colocado entre los raíles.

## 2.5. SOLERA Y REVESTIMIENTO DE LA VÍA

El sistema se apoya en una solera de hormigón tipo HA-25 de unos 40 cm de espesor. El tipo de armadura será distinto dependiendo de si la plataforma es de uso reservado o compartido.

Las capas de acabado superficial comienzan sobre esta solera de hormigón y estarán compuestas bien por una capa de hormigón HM-20 de consistencia blanda y acabado con una imprimación de hormigón

impreso con color, adoquín colocado sobre la solera de hormigón, aglomerado con mezcla bituminosa en caliente, o bien por tierra vegetal y revestimiento en césped.

Los tipos de recubrimiento que van a emplearse son los siguientes:

- **Revestimiento con césped:** la colocación de un revestimiento de césped en la vía de tranvía se realizará mediante la siembra de semillas. Adicionalmente, habrá un drenaje mediante geotextil y dren que se conectará a la red de alcantarillado municipal.

El carril se aislará con material tipo Edilon Editrack para garantizar el aislamiento eléctrico del carril y evitar la derivación de corrientes vagabundas en los tramos que alojen aparatos de vía.

Este acabado de plataforma se dispondrá en Olabeaga y en la urbanización de la isla de Zorrotzaurre.

- **Revestimiento con hormigón impreso:** en las zonas de plataforma reservada en que el recubrimiento del tendido de vía sea tipo hormigón impreso se verterá en los últimos 10 cm de la plataforma un hormigón de consistencia blanda.

Este acabado se dispondrá en el tramo de la rotonda de Euskalduna, en el puente sobre el cauce de la ría y en los pasos peatonales que se habiliten en toda la longitud del tramo en estudio.

- **Revestimiento con mezcla bituminosa:** En las zonas del ramal de ampliación en las que exista un cruce a nivel de la plataforma reservada con el tráfico rodado se dispondrá revestimiento con mezcla bituminosa en caliente. El drenaje de este revestimiento será superficial y se extraerá mediante desagües colocados en la plataforma.

## 2.6. TRATAMIENTO DE RUIDOS Y VIBRACIONES

Por otra parte, las vibraciones procedentes de una vía férrea son causadas por las fuerzas que ocurren entre las ruedas y el carril. Estas fuerzas fluctúan en función de la rugosidad del carril y la rueda a lo largo de un amplio rango de frecuencias.

Además, la distribución de cargas en los ejes de un tren también produce una fuerza de excitación cuando pasa por un punto fijo. Este último efecto produce una excitación en frecuencias que corresponden a la del paso del vehículo y a la de sus armónicos, mientras que las fuerzas debidas a la rugosidad del carril y la rueda tienen una periodicidad determinada por la longitud de onda de la rugosidad y la velocidad del material rodante.

La manera principal en la que se controlan las vibraciones transmitidas por el terreno es mediante el uso de elementos elásticos o resilientes en el apoyo vertical de la vía.

Las medidas antivibratorias para vías ferroviarias son cada día más frecuentes y son una parte importante de su diseño. Cuanto más baja sea la rigidez del apoyo, más baja será la frecuencia natural del sistema y mayor será el grado de aislamiento vibratorio a altas frecuencias.

La elección del apoyo elástico, sin embargo, está limitada por los máximos movimientos verticales y horizontales admisibles.

Para una vía en placa todo gira en torno a la interposición de capas de elasticidad a distintos niveles de la superestructura de vía. El primer nivel es, evidentemente, la placa de asiento bajo carril. Muchos sistemas de vía en placa (placas directas) consisten en placas de base apoyadas elásticamente sobre

la losa portante, con placas de asiento relativamente rígidas. La elasticidad se distribuye en dos niveles: la placa de asiento y el apoyo elástico de la placa de base. Debido a la poca masa sobre la capa elástica, la atenuación no es mucho mejor que en una vía sobre balasto, pudiendo ser incluso peor a bajas frecuencias.

Respecto al impacto vibratorio en fase de explotación se propone la instalación de medidas de mitigación en tramos en los que las fachadas de las edificaciones se sitúen a menos de 9 m del eje de vía del tranvía más próximo.

En la zona de la parada de Olabeaga (PPKK 0+400 a 0+500 del eje ENTREVIA-ZORROTZAURRE) se propone instalar una solución que ofrezca una atenuación 4 dB superior en la banda de 80 Hz y 100 Hz, manteniendo su atenuación (o mejorándola), en el resto de las frecuencias.

En fase de redacción del proyecto constructivo se realizará un estudio de vibraciones en fase de explotación.

## 2.7. DRENAJE DE LA SUPERESTRUCTURA

El drenaje de la plataforma se consigue de dos formas. Por un lado, se aprovecha la pendiente longitudinal del trazado y por otro lado dotándola de pendientes transversales que facilitan el desagüe del agua superficial hacia los bordes de la plataforma. De esta forma al desaguar hacia los bordes de la calzada, se aprovecha, en cierta medida, la red de drenaje existente a lo largo de toda la traza.

Con el fin de garantizar la evacuación del agua de la garganta de los carriles, en los puntos determinados para su recogida (normalmente cada 60 m o en los puntos bajos), se sitúa entre los dos carriles un canal de hormigón polímero con rejilla de fundición. La entrada de agua en el canal se produce por medio de un agujero rasado hecho en el fondo de la garganta

Simultáneamente, cada cierta distancia se ha previsto disponer rejillas y sumideros rectangulares en los bordes laterales de la sección de la plataforma o se aprovechan los de la red existente. El desagüe de las arquetas se realiza mediante tubería de PVC de diámetro 200 mm para los sumideros laterales y con canal de 200 mm. de diámetro interior para los carriles, instalado bajo la base de hormigón. Esta tubería de PVC acomete a el/los pozos/s de registro más cercanos de la red de saneamiento.

En todos los casos se evita que las secciones en que se realiza el drenaje coincidan con aquellas en que se disponen postes de catenaria, ya que el cubo de hormigón de cimentación de los mismos podría impedir la conexión de la acometida a la red de saneamiento.

