

ANEJO Nº 19. SUPERESTRUCTURA

TÍTULO
ESTUDIO INFORMATIVO DE AMPLIACIÓN SUR DE LA LÍNEA 11 DEL METRO DE MADRID

DOCUMENTO
ANEJO Nº 19. SUPERESTRUCTURA

CONTROL DE EDICIONES		
VERSIÓN	FECHA	OBSERVACIONES
1.0	14/08/2025	
2.0	17/10/2025	2ª Edición (Tras Supervisión)

ANEJO Nº 19. SUPERESTRUCTURA

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN Y OBJETO	1
2	TÚNEL DE LÍNEA Y RAMAL DE COCHERAS	1
2.1	SECCIÓN TIPO	1
2.1.1	<i>Vía en Placa. Sistema Estándar.....</i>	<i>1</i>
2.1.2	<i>Drenaje Longitudinal.....</i>	<i>4</i>
2.2	MATERIAL DE VÍA DE LAS ALTERNATIVAS.....	5
2.2.1	<i>Carril 54 E1.....</i>	<i>5</i>
2.2.2	<i>Aparatos de Vía.....</i>	<i>6</i>
2.2.3	<i>Manta Antivibratoria.....</i>	<i>8</i>
2.2.4	<i>Placas de Kilometraje.....</i>	<i>9</i>
2.2.5	<i>Toperas.....</i>	<i>9</i>
2.2.6	<i>Calces descarriladores y contracarriles</i>	<i>9</i>
3	FONDO DE SACO DE FINAL DE LÍNEA 11	10
3.1	ACTUACIONES EN EL FONDO DE SACO	11
3.1.1	<i>Sustitución de Bretelles por Escapes en Estación La Fortuna</i>	<i>11</i>
3.1.2	<i>Modificación de rasante y renovación de superestructura en final Fondo de Saco</i>	<i>11</i>
3.1.3	<i>Corrección puntual del alabeo desde Estación La Fortuna</i>	<i>12</i>
4	MONTAJE DE VÍA.....	12
4.1	TOP DOWN.....	12
4.1.1	<i>Preparación Base de la Vía.....</i>	<i>12</i>
4.1.2	<i>Reparto del Carril y Falsas Traviesas</i>	<i>13</i>
4.1.3	<i>Elevación del Carril.....</i>	<i>13</i>

4.1.4	Colocación de las Fijaciones	13
4.1.5	Alineación de la Vía	13
4.1.6	Hormigonado de la Vía	14
4.1.7	Comprobación geométrica de la Vía.....	14
4.1.8	Limpieza de la Vía.....	14
4.1.9	Apriete de las Fijaciones y Anclajes	14
4.1.10	Entrega de la Vía	14
4.2	BOTTOM UP	14
5	MANTENIMIENTO	15

INDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1 - FIJACIÓN DIRECTA VULCANIZADA. DELKOR-ALT1	2
ILUSTRACIÓN 2 - PLACA BASE VULCANIZADA	2
ILUSTRACIÓN 3 - CLIPS SKL12 CON TORNILLO HS-32/55 DE M-22	2
ILUSTRACIÓN 4 - PLACA BASE DE HDPE	3
ILUSTRACIÓN 5 - PLACA CARRIL HPDE	3
ILUSTRACIÓN 6 - ESQUEMAS DE VÍAS EN RAMAL DE COCHERAS PARA LAS 3 ALTERNATIVAS	7
ILUSTRACIÓN 7 - CALCE DESCARRILADOR EN VÍAS EXISTENTES. JUNTO A NUEVO RAMAL DE COCHERAS.....	9
ILUSTRACIÓN 8 - CONTRACARRIL PROPUESTO EN RAMAL DE COCHERAS	10
ILUSTRACIÓN 9 - VISTA DEL FONDO DE SACO DESDE LAS TOPERAS	11
ILUSTRACIÓN 10 - ESQUEMA DE ESCAPES EN LA ESTACIÓN LA FORTUNA.....	11

INDICE DE TABLAS

TABLA 1 - Valores de la rigidez en función del sistema	1
TABLA 2 - Ensayos a cumplir en sistema de fijaciones Estándar	3
TABLA 3 - Aparatos de vía según Alternativas	7
TABLA 4 - Tramo de Manta Antivibratoria	9

APÉNDICES

APÉNDICE 1. CÁLCULO JUSTIFICATIVO DISTANCIA APOYOS	17
--	----

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETO

En el presente anejo se describe la superestructura de vía para el “ESTUDIO INFORMATIVO DE AMPLIACIÓN SUR DE LA LÍNEA 11 DEL METRO DE MADRID”.

El objeto del presente anejo es describir la superestructura de las actuaciones contempladas en el Estudio Informativo, así como seleccionar la tipología del montaje de vía idónea en cada caso. Para ello, se siguen las especificaciones técnicas del Metro Madrid.

Las actuaciones de nueva línea ferroviaria que requieren diseño de superestructura son las siguientes:

- Túnel de Línea: las tres Alternativas parten del Fondo de Saco de Final Línea 11 y finalizan su recorrido conectando con la Línea 10 del Metro de Madrid.
- Ramal de Cocheras: se diseña un ramal para conectar el acceso actual a las Cocheras de Línea 11 de Metro de Madrid (en superficie) con el Túnel de Línea diseñado de cada alternativa (bajorante).

Las actuaciones de línea ferroviaria con superestructura ya construida son las siguientes:

- Tramo construido de Línea 11 de Metro de Madrid (Fondo de Saco de Final de Línea 11): Desde la estación de La Fortuna, hasta el acceso a Cocheras de Línea 11 de Metro de Madrid, hay un tramo de túnel ya construido. Se actuará sobre la superestructura en parte de este tramo y también en las inmediaciones de la Estación.

2 TÚNEL DE LÍNEA Y RAMAL DE COCHERAS

2.1 SECCIÓN TIPO

En todo el tramo de Túnel de Línea se ha proyectado doble vía en placa con ancho 1.445 mm y un entreje de, al menos, 3.385 mm. Al tramo de Túnel de Línea le corresponde gálibo ancho.

El Ramal de Cocheras se ha proyectado con vía única en placa con ancho 1.445 mm. Al tramo de Ramal de Cocheras le corresponde gálibo ancho.

La distancia entre apoyos será de 0,60 m. En el apéndice 1 de este Anejo se adjunta cálculo justificativo de la distancia entre apoyos para vía estándar y aparatos de vía.

Conforme el documento de Línea tecnológica de sistemas de vía en Placa de Metro de Madrid, el valor de la rigidez queda en función de los distintos sistemas:

TABLA 1 - VALORES DE LA RIGIDEZ EN FUNCIÓN DEL SISTEMA

SISTEMAS	TECNOLOGÍA	RIGIDEZ
Estándar	Adherizada	Entre [10-25] KN/mm
Para aparato de vía	Adherizada	Entre [20-30] KN/mm.

2.1.1 Vía en Placa. Sistema Estándar

2.1.1.1 Descripción General

Se ha proyectado sistema de vía en placa con fijación directa adherizada, tipo DELKOR-ALT1 o similar.

Este sistema de vía en placa está formado por tres elementos diferenciados:

- Prelosa de hormigón en masa
- Losa de vía de hormigón en el que irán ancladas las placas
- Placas DELKOR-ALT 1 o similar

2.1.1.2 Sistema de Fijación Directa

El sistema de fijación directa vulcanizada se caracterizará por ser un sistema de fijación de una sola pieza (sistema vulcanizado caucho metal), consistente en un marco metálico que hará la función de placa base unida a otra placa superior mediante caucho natural vulcanizado.

La parte inferior del caucho está diseñada para permitir el movimiento de la placa superior que contiene el carril. El marco exterior sujeta totalmente el conjunto de la fijación, haciendo a este totalmente a prueba de fallos.

El diseño de la zona de caucho garantizará la resistencia necesaria en todos los seis grados de libertad y reducirá la presión dinámica sobre los elementos de anclaje y la estructura base.

El caucho en su parte inferior del sistema estará expuesto solo a cargas de compresión, su característica de muelle cada vez más progresiva a medida que aumenta la carga, evita desviaciones excesivas en caso de sobre carga del sistema.

El caucho no está sometido a ninguna precarga previa con lo que se asegura una resistencia al envejecimiento y proporciona un alto rendimiento sin necesidad de mantenimiento.



ILUSTRACIÓN 1 - FIJACIÓN DIRECTA VULCANIZADA. DELKOR-ALT1

2.1.1.2.1 Placa base

La placa base estará compuesta por dos placas de fundición nodular pegadas mediante caucho natural de alta calidad vulcanizado. Esto le proporciona una resistencia a la tracción adecuada y un alto grado de elasticidad.



ILUSTRACIÓN 2 - PLACA BASE VULCANIZADA

2.1.1.2.2 Clips

El sistema de fijación del carril será del tipo indirecto, la placa inferior será la que se fijará a la infraestructura (losa de hormigón). El sistema de fijación del carril irá equipado con clips.

El sistema de anclaje estará compuesto por dos tirafondos que quedarán embebidos en la losa de hormigón. El sistema de anclaje deberá ser aislante eléctricamente.

Se propone la instalación del clip tipo SKL12. Este clip ofrece unas altas prestaciones cumpliendo todas las normas europeas de aplicación.

Los tornillos de fijación del clip SKL12 son del tipo HS-32/55 de M-22 con su correspondiente tuerca y arandela, siendo también un material de usos común en vías férreas.

En la instalación del clip se debe de garantizar que el bucle central quede tocando al patín (no apretando al patín) o levantado un máximo de 2mm. El par de apriete se debe de ajustar a esta premisa. La fuerza de apriete del clip será no inferior a 17 kN, medida según EN 13146-7.

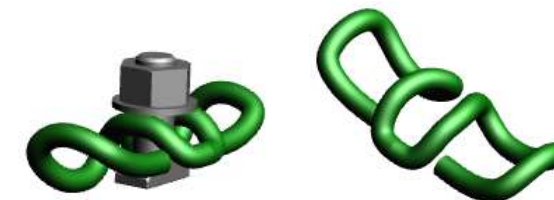


ILUSTRACIÓN 3 - CLIPS SKL12 CON TORNILLO HS-32/55 DE M-22

2.1.1.2.3 Placa base de HDPE

El sistema de fijación directa irá equipado de una placa de polietileno de alta densidad (HDPE) situado en la parte inferior con la finalidad de evitar que el hormigón entre en contacto con el caucho y hacer también la función de regulación vertical en caso necesario.



ILUSTRACIÓN 4 - PLACA BASE DE HDPE

El sistema deberá de tener diferentes medidas para cumplir con la de regulación vertical del sistema. (1, 2, 3, 5 y 10 mm).

2.1.1.2.4 Placa base de carril

El sistema de fijación directa irá equipado con una placa de polietileno de alta densidad (HDPE) entre el carril y el sistema de fijación.

Esta placa tiene como función impedir un contacto directo metal – metal (carril – fijación) y colaborar con la resistencia en frente de las posibles fuerzas de deslizamiento del carril.

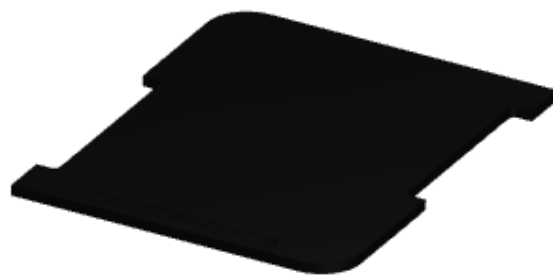


ILUSTRACIÓN 5 - PLACA CARRIL HDPE

2.1.1.2.5 Sistema de anclaje

El sistema de anclaje debe de cumplir con dos características básicas:

- 1) Mantener el sistema en su posición inicial y no permitir el movimiento del sistema de fijación, manteniendo los parámetros geométricos de la vía.

- 2) Dar un aislamiento eléctrico adecuado entre la plataforma y el carril. El sistema de anclaje deberá ser aislante eléctricamente, evitando así posibles puentes eléctricos entre la plataforma y el carril que podrían dar problemas en los sistemas de señalización ferroviaria y/o corrientes vagabundas.

El sistema de anclaje de la placa base permitirá una regulación lateral de +/-12 mm con una precisión de 1 mm sin tener que intercambiar ninguna pieza del sistema de fijación.

El sistema de anclaje es acorde a cualquier sistema de instalación, es decir:

- Para un sistema de instalación “Top Down” se utilizará una vaina aislante o inserto de fundición.
- Para un sistema de instalación “Bottom – Up” se utilizará una varilla roscada M24 con tuerca autoblocante.

2.1.1.2.6 Rigidez del sistema de fijación

La rigidez estática del sistema de fijación propuesto será de 22 kN/mm medida según UNE EN 13481-5 para la categoría “B”.

El rango de rigideces del documento de Línea Tecnológica de vía de Metro de Madrid es de [10-25] KN.

2.1.1.2.7 Normativa de aplicación y homologación de un sistema de fijaciones

El sistema de fijación cumplirá con la normativa europea de fijaciones para vía en placa EN 13481 Parte 5 Conjuntos de sujeción para vía en placa sin balasto, para la categoría “B”, según especifica la norma EN 13481-1 “Aplicaciones ferroviarias – Vía – Requisitos de funcionamiento para los conjuntos de sujeción”.

Los ensayos a cumplir son los siguientes:

TABLA 2 - ENSAYOS A CUMPLIR EN SISTEMA DE FIJACIONES ESTÁNDAR

ENSAYOS	NORMA REFERENCIA
Resistencia longitudinal	EN 13146-1
Ensayo de fatiga	EN 13146-4
Resistencia eléctrica	EN 13481-5
Efecto a condiciones ambientales	EN 13146-6
Fuerza de apriete	EN 13146-7
Determinación de la rigidez	EN 13146-9
Determinación de la rigidez de los elementos acústicos	EN 17495

2.1.1.3 Disposiciones Generales de la Instalación de la Vía En Placa

Los puntos principales para un correcta instalación y funcionamiento del sistema de fijación son la plenitud de las superficies de apoyo de hormigón, el par correcto del tirafondo / varilla, limpieza y uso adecuado durante la instalación para prevenir daños. Adicionalmente, para el correcto funcionamiento se debe prestar atención en los aspectos de mantenimiento preventivo y correctivo, que el operador de la infraestructura aplica.

El personal de montaje debe tener cuidado y comprobar los siguientes puntos:

- La correcta instalación de la inclinación del carril. El sistema de fijación tiene marcado una “G” que indica la zona interna de la vía.
- Las superficies de hormigón deben ser planas y lisas por debajo del área del perímetro del tirafondo o perno.
- El área de apoyo del sistema de fijación no debe ser convexa ni cóncava.
- Justo debajo del sistema de fijación los huecos o coqueras que puedan existir se deben limitar a un diámetro máximo de 40 mm, no exceder el 30% del área de apoyo y deben estar razonablemente dispersas por la zona de apoyo.
- El sistema de anclaje debe estar a ras o como máximo 2 mm por debajo del hormigón. En los insertos metálicos no será permitido que sobre salgan del hormigón.
- Los sistemas de fijación no deben ser posicionadas a martillazos o haciendo palanca. Daños severos en las superficies elastoméricas de la fijación pueden requerir su sustitución.
- El hormigón no debe de sobre pasar la placa base de HPDE ni cubrir parte del sistema de fijación.

2.1.2 Drenaje Longitudinal

2.1.2.1 Túnel

Los flujos de agua procedentes del terreno que se infiltran a lo largo del túnel llegan hasta la parte baja de ambos hastiales o laterales del túnel y en dicha zona se realiza la captación de los mismos mediante una canaleta longitudinal formada por un rebaje en el hormigón con sección de “media caña” o sección semicircular de diámetro 150 mm.

Estos caudales son conducidos a lo largo del túnel en tramos cortos, ya que cada 10 metros se dispone una canaleta transversal de las mismas dimensiones que las laterales (media caña de 150 mm) que comunica estas conducciones laterales con una canaleta principal de recogida que se situada en la parte central de la sección del túnel.

La canaleta central, de sección rectangular tiene unas dimensiones de 230 mm de anchura y una profundidad que suele ser variable, pudiendo alcanzar una media de 1.0 metros de profundidad. Dicha canaleta, es registrable a lo largo de toda su longitud ya que va cubierta por una rejilla metálica fabricada en “trámex” que se apoya sobre perfilera metálica lateral de 250 mm de anchura y longitudes de 1 metros, pudiendo levantarse de manera independiente cada una de ellas para registro y limpieza de la canaleta central.

Esta canaleta discurre longitudinalmente por el túnel hasta alcanzar los puntos bajos del trazado, en los que se ubica una arqueta central, desde la que se efectúa la comunicación con la balsa o depósito de decantación que se sitúa en las galerías de los pozos de bombeo.

En estos puntos se realiza el vertido de los caudales de infiltración del túnel a las cámaras de recogida y decantación desde las cuales serán bombeadas y conducidas hasta el punto de vertido final que se considere en cada caso.

El drenaje de los pozos de ventilación, compensación y salidas de emergencia, se realiza mediante un canal de desagüe que con la inclinación requerida se une a la canaleta central que va en longitudinal y por tanto se introduce este drenaje junto con el del túnel hasta el pozo de bombeo. Se ha previsto la instalación de columna seca para lo cual se dispone en el exterior una arqueta para uso de bomberos y dotar a los pozos de acceso para ellos.

2.1.2.2 Estación

En las estaciones, las aguas que se filtran se recogen a través de una canaleta perimetral que se ejecuta en los diferentes forjados, en la zona de conexión de cada nivel con las pantallas verticales. Se dejarán bajantes de 160 mm de diámetro en los puntos bajos, por lo que habrá que prever los pasatubos correspondientes.

Estas canaletas se ubican en la denominada “cámara bufa” que es el hueco o sección existente entre el propio paramento de las pantallas estructurales y los paneles decorativos o de fábrica que constituyen el límite perimetral de la estación delimitando los pasillos o estancias en los que se realiza la circulación de los viajeros habitualmente. Estas cámaras serán accesibles para mantenimiento y limpieza.

Las canaletas de recogida perimetral van conectándose con los niveles inferiores a través de las mencionados bajantes que atraviesan las losas mediante pasatubos habilitados en los bordes para tal fin.

Finalmente se produce la recogida de aguas en el nivel inferior de la estación y todos los caudales son recogidos en una arqueta. Desde dicha arqueta se realiza una conducción hasta el pozo de bombeo desde el cual se realizará el bombeo de los caudales para ser conducidos hasta el punto de vertido final que se considere en cada caso.

Las aguas de limpieza de andenes o baldeos de estación se suelen verter a la plataforma de vías.

En la plataforma se produce el traslado de dichas aguas hacia la canaleta central que es una prolongación del sistema de drenaje del túnel y en consecuencia se conectan ambos sistemas pudiendo transferirse dichas aguas hasta el túnel o si la estación es un punto bajo se transferirán hacia la arqueta de recogida de la estación.

2.2 MATERIAL DE VÍA DE LAS ALTERNATIVAS

En los siguientes subapartados se describe el material de vía común a las alternativas contempladas en el presente Estudio Informativo, que se corresponde con:

- Carril
- Aparatos de vía
- Manta antivibratoria
- Placas de kilometraje
- Toperas
- Calces descarriladores y contracarriles

2.2.1 Carril 54 E1

Las características del carril tipo 54 E1 referidas a la Norma Europea UNE EN 13674. Parte 1. Carriles Vignole de masa mayor o igual a 46 kg/m son:

- Perfil del carril: Clase X
- Enderezado: Clase A
- Grado del acero: 260 (Carbono-Manganeso)
- Resistencia a tracción: $R_m \geq 880 \text{ N/mm}^2$
- Dureza: 260/300 HBW
- Alargamiento: $A \geq 10\%$

Otras características geométricas fundamentales que deben cumplir estrictamente las barras elementales procedentes de la acería tienen relación con las tolerancias del acabado del perfil, la rectitud en los extremos, la planitud superficial y la torsión.

2.2.2 Aparatos de Vía

2.2.2.1 Ubicación y Esquema De Vía

Los aparatos de vía previstos para la Alternativa 1 en de Túnel de Línea son los siguientes:

- 1 Desvío en la vía 2 al inicio del Túnel de Línea para la conexión con la vía única del nuevo Ramal de Cocheras de Metro de Madrid. Aparato de vía [REDACTED] Tangente de 0,125 y longitud 25.391 mm.
- 1 Doble Diagonal (Bretelle) previamente a la entrada de la nueva Estación de Aviación Española de Línea 11 del Metro de Madrid. Aparato de vía [REDACTED] Tangente de 0,125 y longitud 45.172 mm para entrevía 1.940 mm.
- 1 Doble Diagonal (Bretelle) a la salida de la nueva Estación de Aviación Española de Línea 11 del Metro de Madrid. Aparato de vía [REDACTED] Tangente de 0,125 y longitud 45.172 mm para entrevía 1.940 mm.

Los aparatos de vía previstos para la Alternativa 1 en Ramal de Cocheras son los siguientes:

- 1 Desvío en la vía Norte del ramal de cocheras existente (vía doble) del Metro de Madrid. Aparato de vía [REDACTED] Tangente de 0,125 y longitud 25.391 mm.

Los aparatos de vía previstos para la Alternativa 2 en Túnel de Línea son los siguientes:

- 1 Desvío en la vía 2 al inicio del Túnel de Línea para la conexión con la vía única del nuevo Ramal de Cocheras de Metro de Madrid. Aparato de vía [REDACTED] Tangente de 0,125 y longitud 25.391 mm.
- 1 Doble Diagonal (Bretelle) previamente a la entrada de la nueva Estación de Cuatro Vientos de Línea 11 del Metro de Madrid. Aparato de vía [REDACTED] Tangente de 0,125 y longitud 45.172 mm para entrevía 1.940 mm.
- 1 Doble Diagonal (Bretelle) a la salida de la nueva Estación de Cuatro Vientos de Línea 11 del Metro de Madrid. Aparato de vía [REDACTED] Tangente de 0,125 y longitud 45.172 mm para entrevía 1.940 mm.

Los aparatos de vía previstos para la Alternativa 2 en Ramal de Cocheras son los siguientes:

- 1 Desvío en la vía Norte del ramal de cocheras existente (vía doble) del Metro de Madrid. Aparato de vía [REDACTED] Tangente de 0,125 y longitud 25.391 mm.

Los aparatos de vía previstos para la Alternativa 3 en Túnel de Línea son los siguientes:

- 1 Desvío en la vía 2 al inicio del Túnel de Línea para la conexión con la vía única del nuevo Ramal de Cocheras de Metro de Madrid. [REDACTED] Aparato de vía en rasante [REDACTED] Tangente de 0,125 y longitud 25.391 mm.
- 1 Doble Diagonal (Bretelle) previamente a la entrada de la nueva Estación de Cuatro Vientos de Línea 11 del Metro de Madrid. Aparato de vía [REDACTED] Tangente de 0,125 y longitud 45.172 mm para entrevía 1.940 mm.
- 1 Doble Diagonal (Bretelle) a la salida de la nueva Estación de Cuatro Vientos de Línea 11 del Metro de Madrid. Aparato de vía [REDACTED] Tangente de 0,125 y longitud 45.172 mm para entrevía 1.940 mm.

Los aparatos de vía previstos para la Alternativa 3 en Ramal de Cocheras son los siguientes:

- 1 Desvío en la vía Norte del ramal de cocheras existente (vía doble) del Metro de Madrid. Aparato de vía [REDACTED] Tangente de 0,125 y longitud 25.391 mm.

La definición de los aparatos de vía se representan en el Plano 13 del Documento N°2.-Planos.

En la siguiente tabla se resumen los aparatos de vía por Alternativa propuesta:

TABLA 3 - APARATOS DE VÍA SEGÚN ALTERNATIVAS

Table 1								
								%

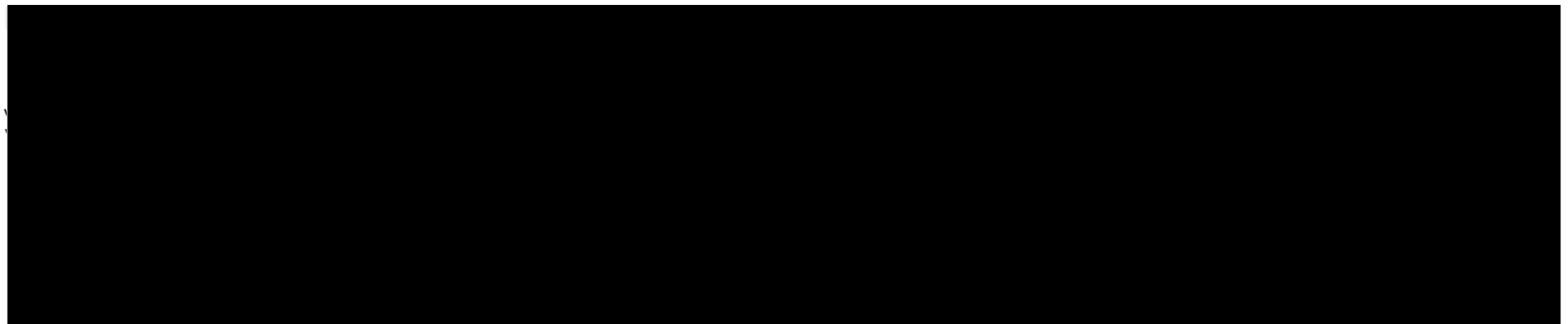


ILUSTRACIÓN 6 - ESQUEMAS DE VÍAS EN RAMAL DE COCHERAS PARA LAS 3 ALTERNATIVAS

2.2.2.2 Especificaciones Técnicas de los Aparatos de Vía

Los aparatos normalizados de vía se montarán según los planos especificados de cada uno de ellos, cumpliendo en su montaje, nivelación y alineación las condiciones establecidas para la vía general en el Pliego de Prescripciones. Los aparatos de vía deberán adecuarse a las nuevas condiciones de explotación de la línea, de acuerdo con la Unidad Operativa de Metro de Madrid y la Dirección de Obra.

2.2.2.2.1 Desvío

Las especificaciones para los desvíos se redactarán durante el Proyecto de Construcción.

2.2.2.2.2 Diagonal o escape

Las especificaciones para las diagonales o escapes se redactarán durante el Proyecto de Construcción.

2.2.2.2.3 Doble Diagonal o Bretelle

Bretelle de alta tecnología para gálibo ancho (1.940mm), en recta, con ancho de Metro Madrid 1.445, carril 54E1 ND e inclinación de vía 1/20.

Trazado tangente con sobreancho en vía desviada de +10mm, radio de la desviada 140m.

- Agujas de perfil bajo asimétrico 54E1A1, de 10.100 mm de longitud,
- Cruzamientos rectos de acero moldeado al Mn. Con antenas soldadas por chisporroteo y presión tg. 0,125.
- Contracarriles de perfil 33C1 y soportes de contracarril tipo IFAV de Schwiagh,
- Montaje en vía en placa con sistema tipo placa adherizada, Delkor EGG TOE o similar (rigidez de 25 KN).
- Juntas aislantes encoladas en los hilos de la vía desviada y cerrojos de uña.

Descripción técnica:

- Perfil del carril 54E1, s/UIC 860 O-9°. E.T.03.360.101.4
- Tangente de salida 0,125
- Ancho de vía 1.445 mm
- Velocidad máxima por vía general 150 Km/h
- Velocidad máxima por vía desviada 34 Km/h
- Radio en la línea media de la desviada 140 m
- Trazado Tangente
- Inclinación del carril 1/20
- Tipo de sujeción Elástica indirecta Vossloh Ski-12
- Relación con vías adyacentes Soldable

2.2.3 Manta Antivibratoria

Se colocará manta antivibratoria bajo la losa de hormigón en las zonas de mayor influencia de acuerdo con la legislación vigente en relación a la mitigación de vibraciones.

Así, la utilización de una manta resiliente para mitigar las posibles vibraciones producidas por el material rodante permite reducir a valores aceptables y dentro de los valores normativos las vibraciones y el ruido estructural que pudieran producir molestias en los edificios colindantes y sus ocupantes.

A falta de definir con mayor detalle las propiedades de la manta resiliente (a concretar para la alternativa seleccionada en la fase de Proyecto de Construcción), su material podría ser de poliuretano o lana de roca, por ejemplo, y en función de ello se determinará el espesor de la misma.

Se recomiendan zonas de transición de unos 15 metros lineales de vía antes y después de cada tramo con una manta dos veces más rígida que la de protección horizontal definida antes. También es necesario armar la losa de vía y tratar las partes laterales con una manta vertical de rigidez dinámica que puede ser la misma que para la manta horizontal o superior, es decir por

ejemplo dos veces más rígida.

La manta deberá cumplir una serie de requerimientos, a concretar en el Proyecto Constructivo, como son:

- Resistencia a la fatiga.
- Resistencia al agua sin variar la rigidez del material para asegurar la durabilidad a largo plazo de toda la superestructura de la vía.
- Resistencia a factores medioambientales y a las temperaturas ambiente.
- Resistencia al fuego (especialmente tratándose de una actuación confinada en túnel).
- Se aconseja que las mantas resilientes sean resistentes a la electricidad para evitar en lo posible las corrientes vagabundas y otras fugas que puedan ocasionar problemas con los sistemas de señalización y evitar problemas de corrosión.
- Alto grado de compresibilidad para evitar cualquier desnivelación (por causa de la manta) o malformaciones en la vía, como por ejemplo: un coeficiente de Poisson = 0.
- Larga vida útil.


A continuación, se señalan los tramos de túnel de línea donde técnicamente se estima necesaria la manta antivibratoria, 





TABLA 4 - TRAMO DE MANTA ANTIVIBRATORIA

PK INICIO	PK FINAL
ALTERNATIVA 1	
1+063	2+570
3+050	3+261
ALTERNATIVA 2	
1+064	2+272
ALTERNATIVA 3	
1+073	2+274
* Tramo de puntos kilométricos sin contar los 15 m de transición previo al PK de inicio y a continuación del PK final	

2.2.4 Placas de Kilometraje

Se dispondrán las placas de kilometraje por decámetros necesarias, así como las de cambio de rasante en las vías principales.

2.2.5 Toperas

Al final del Túnel de Línea (en zona de cola de maniobras) se colocarán toperas deslizantes en cada una de las dos vías. Su función es la de reducir, en la medida de lo posible, la fuerza del impacto del material rodante en caso de choque por accidente.

Las especificaciones técnicas de estos elementos serán desarrolladas en el Proyecto de Construcción.

2.2.6 Calces descarriladores y contracarriles

Al inicio de la vía única que conforma el Ramal de Cocheras se implantará un calce descarrilador. Actualmente, ya existe dicho elemento en cada una de las dos vías ya construidas que dan acceso al depósito de Cuatro Vientos (Cocheras de Línea 11).

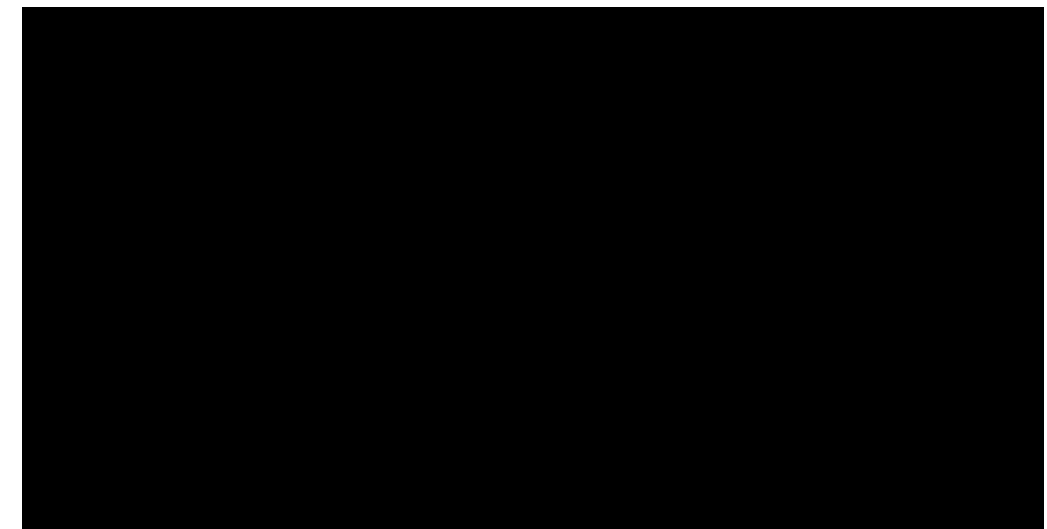


ILUSTRACIÓN 7 - CALCE DESCARRILADOR EN VÍAS EXISTENTES. JUNTO A NUEVO RAMAL DE COCHERAS

Por otro lado, dado que el Ramal de Cocheras cuenta con curvas circulares de radios reducidos, al interior de los carriles de la vía (y en el interior de la curva) se añadirán carriles paralelos que encaucen el material rodante e impida el descarrilamiento (contracarriles). Actualmente, ya existe dicho elemento en cada una de las dos vías construidas que dan acceso al depósito de Cuatro Vientos (Cocheras de Línea 11).

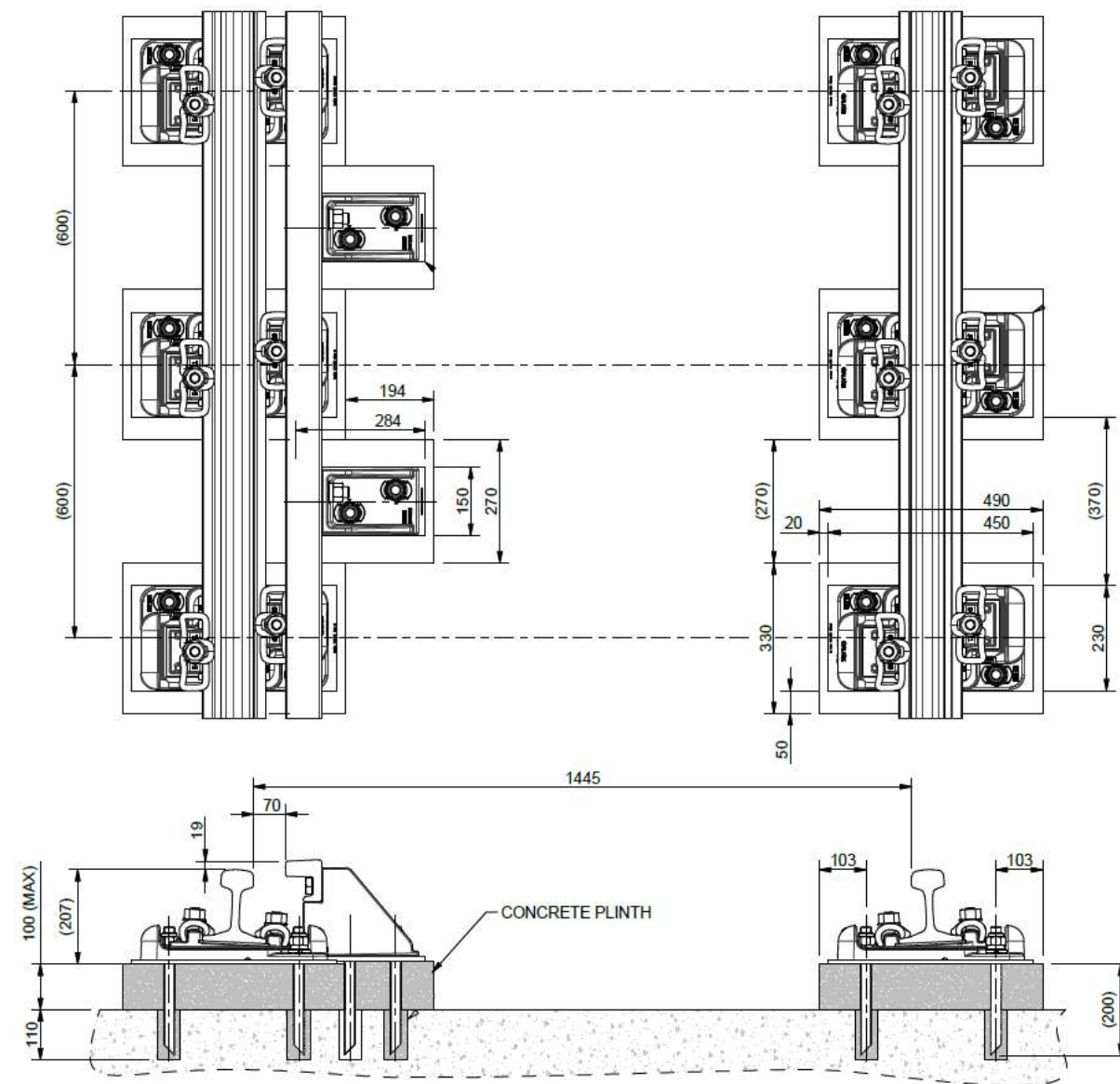
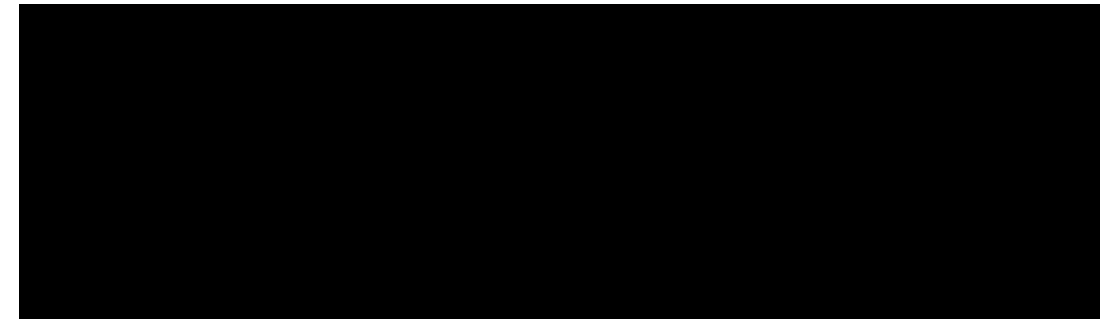


ILUSTRACIÓN 8 - CONTRACARRIL PROPUESTO EN RAMAL DE COCHERAS

3 FONDO DE SACO DE FINAL DE LÍNEA 11

El tramo de línea construida desde la Estación de La Fortuna de Línea 11 hasta el acceso a las Cocheras de Metro de Madrid (Depósito Cuatro Vientos), se ha denominado Fondo de Saco de Final de Línea 11 (distancia medida desde el piñón de salida del andén de la Estación). Este tramo es un túnel que fue construido mediante tuneladora, por lo que su sección es circular (dovelas); no obstante, los últimos 142 m de línea ferroviaria (aproximadamente) es un espacio rectangular (prisma) que fue ejecutado antaño como pozo de introducción de la tuneladora.

El pozo de introducción se ejecutó para construir el tramo de Metro de Madrid entre las estaciones La Fortuna-La Peseta. El pozo de introducción de la tuneladora se localiza bajo los terrenos de Cocheras de Línea 11 Metro de Madrid (enterrado o bajorasante).



Las fijaciones en la Estación de La Fortuna de Línea 11 y en el tramo de túnel de sección circular (dovelas) es placa DFF-ADH y carril 54E1 con clip SKL-3. No obstante, las fijaciones en el último tramo de sección rectangular (desde travesía hasta toperas existentes del antiguo pozo de introducción de tuneladora) son vía en taco de hormigón.

Las fijaciones de placa DFF-AD tienen los siguientes rangos de regulación:

- Vertical +/- 10 mm
- Horizontal +/- 12 mm

En cuanto a aparatos de vía, tanto la entrada como la salida de la Estación de La Fortuna de Línea 11 tienen doble diagonal (bretelle). Por otro lado, en el tramo de sección rectangular del Fondo de Saco de Final de Línea 11 (pozo de introducción de la tuneladora) hay una travesía (desvío en vía doble hacia Depósito Cuatro Vientos en superficie).

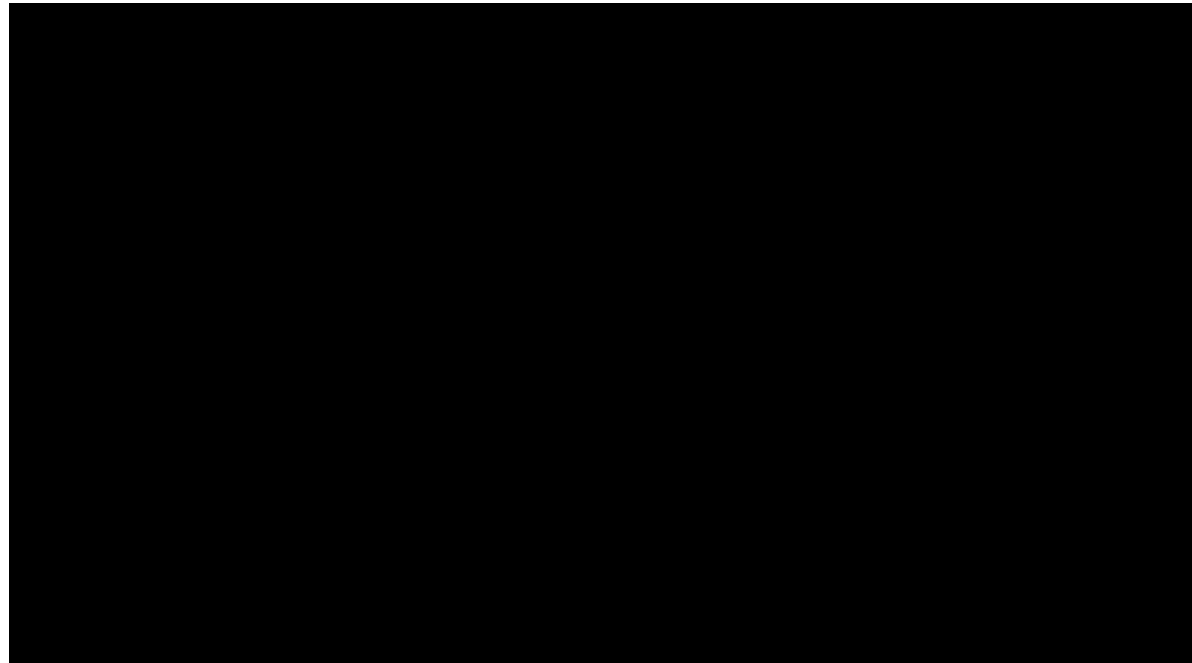


ILUSTRACIÓN 9 - VISTA DEL FONDO DE SACO DESDE LAS TOPERAS

3.1 ACTUACIONES EN EL FONDO DE SACO

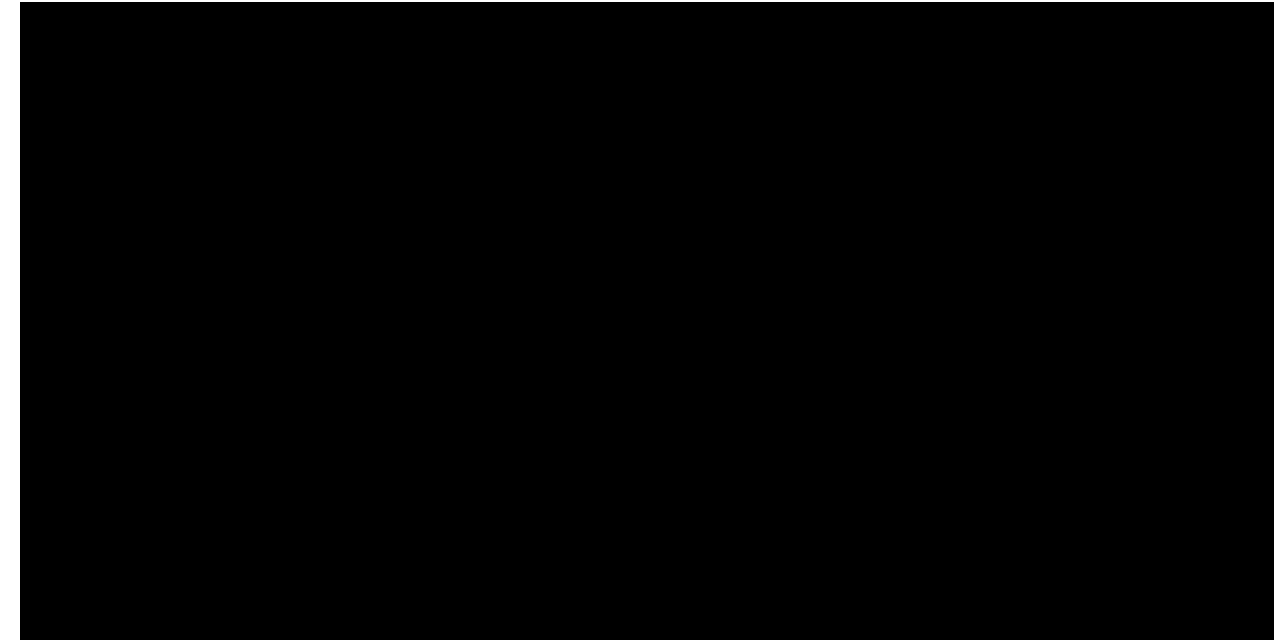
Las actuaciones en superestructura, desde la Estación de La Fortuna de Línea 11 hasta el punto de conexión de las tres Alternativas, son las siguientes

3.1.1 Sustitución de Bretelles por Escapes en Estación La Fortuna

Los dos bretelles (doble diagonal) de entrada y salida de la Estación de La Fortuna de Línea 11 serán sustituidos por escapes (diagonal) en talón. Las diagonales tienen menor longitud que las dobles diagonales por lo que a continuación se define el punto de implantación.

Las juntas de contraagujas de los bretelles, más alejadas de los piñones de los andenes, serán el punto de referencia de las juntas de contraagujas (JCA) de las nuevas diagonales (escapes); de modo que los nuevos aparatos de vía queden lo más alejados posible a los piñones de andenes.

Se muestra un esquema de vía de La Estación de La Fortuna, con sendos escapes dispuestos en talón.



Las especificaciones de los escapes quedaron definidas en el Apartado 2.

3.1.2 Modificación de rasante y renovación de superestructura en final Fondo de Saco

La sección circular del Fondo de Saco de Final de Línea 11 cuenta con fijaciones tipo placa DFF-AD. La sección rectangular del Fondo de Saco de Final de Línea 11 cuenta con fijaciones tipo taco de hormigón. Las fijaciones en todo el Fondo de saco tienen una separación de 1,0 m.

Parte del tramo del Fondo de Saco de Final de Línea 11, desde el final del aparato de vía en travesía (Sección rectangular) hasta toperas, requiere modificación de la rasante de trazado de cada vía. Además de modificar la rasante, se renovará la superestructura. La renovación de la superestructura consistirá en demoler las fijaciones existentes (Taco de hormigón), y disponer las nuevas cada 60 cm junto los nuevos carriles, para finalmente encofrar y hormigonar (sistema Top Down). El aparato de vía en travesía no es afectado por estas actuaciones.

La propuesta de modificación de la rasante de la vía 1 es en una longitud de 115,59 m (Ver Anejo 7.-Trazado).

La propuesta de modificación de la rasante de la vía 2 es en una longitud de 114,21 m (Ver Anejo 7.-Trazado).

En el apéndice 1 de este Anejo se adjunta cálculo justificativo de la distancia entre apoyos.

Las especificaciones de la nueva superestructura se definen en el Apartado 2 de este anejo (Placas DELKOR-ALT 1 o similar).

3.1.3 Corrección puntual del alabeo desde Estación La Fortuna

Finalmente, partiendo del Documento Técnico de Geometría de Vía se ha estudiado el alabeo de la línea existente desde la Estación de la Fortuna hasta el final del Fondo de Saco de Final de Línea 11. Se ha estudiado que cada vía no supere un error de 5 mm/m en 3 m, 3,5 mm/m en 11 m y 2,5 mm/m en 11 m y se puede consultar en los apéndices del Anejo 7.-Trazado.

Los resultados arrojados se resumen a continuación:

- La vía 1 supera en el tramo de PPKK 0+080-0+085 los 2,5 mm/m en 11 m. El alabeo máximo es de 3,27 mm/m, por lo que se supera en +0,77 mm/m los 2,5 mm/m de valor de referencia cada 11 m.
- La vía 2 supera en los PK 0+645, PK 0+649 y 0+848 los 5 mm/m en 3 m. El alabeo máximo es de 6,16 mm/m, por lo que se supera en +1,16 mm/m los 5 mm/m de valor de referencia cada 3 m.

Las fijaciones existentes en el Fondo de Saco de Final de Línea 11 (placa DFF-ADH) permiten regular verticalmente la vía. Por tanto, en los puntos kilométricos anteriormente indicados se adecuarán los carriles para no superar los errores de alabeo (mm/m) que permite el Documento Técnico.

4 MONTAJE DE VÍA

En función de las actuaciones el sistema de montaje de vía puede ser sistema Top Down o sistema Bottom Up. El sistema de anclaje de sistema de fijación directa vulcanizada es compatible con los dos sistemas de montaje señalados. A continuación, se describen las actuaciones, y se indica el sistema de montaje de vía.

- Túnel de Línea: para las tres alternativas el sistema de montaje de vía es el Top Down.
- Ramal de Cocheras: para las tres Alternativas, el tramo comprendido desde el desvío inicial (aparato de vía) hasta la conexión con el denominado Muñón (tramo existente con losa de hormigón construida) el sistema de montaje de vía es el Bottom Up. Por otro lado, para las tres Alternativas, el tramo comprendido desde el denominado Muñón hasta la conexión con el Túnel de Línea el sistema de montaje de vía es el Top Down.
- Tramo construido de Línea 11 de Metro de Madrid (Fondo de Saco de Final de Línea 11): Se va a modificar la rasante de sendas vías en parte del final del Fondo de Saco, y también se van a renovar fijaciones. Se emplea el sistema de montaje de vía denominado Top Down.

4.1 TOP DOWN

El proceso constructivo descrito a continuación se basa en el sistema de “arriba abajo” (TOP DOWN). El principio básico del "arriba-abajo" consiste en posicionar con exactitud la vía, y una vez posicionada, fijarla con el hormigón que formará la losa portante.

En este tipo de montaje, la instalación de la vía se realiza utilizando el plano de rodadura como superficie de referencia.

4.1.1 Preparación Base de la Vía

La base de la vía debe de ser una superficie lisa y libre de cuerpos extraños, para ello se efectúa primero una presolera con hormigón pobre (HM-10).

Antes de continuar se deberá comprobar que la solera es sensiblemente paralela al plano final de rodadura y que su nivelación deja un espesor a hormigonar bajo las fijaciones suficiente. Se asegurará la limpieza de la contrabóveda del túnel con agua a presión o con medios mecánicos.

Una vez acabada la solera de hormigón sobre la que se va a construir la superestructura de vía

y es sensiblemente paralela al plano de rodadura de la vía se procede al montaje de vía que se ejecuta siguiendo las siguientes actividades:

4.1.2 Reparto del Carril y Falsas Traviesas

Antes de la descarga y reparto de los carriles es necesario el reparto del mallazo por encima de la presolera, este mallazo normalmente es de 150 x 150 mm y diámetro 8 mm como mínimo. El empleo de mallazo es para evitar las fisuras de retracción del hormigón de calado.

Una vez repartido el mallazo se puede empezar a repartir el carril por el túnel y las falsas traviesas. Los carriles se descargarán en los laterales de la solera, en barras de longitud entre 18 y 36 m, en el exterior de las áreas que habrán de ocupar los tacos en sus posiciones casi definitivas.

4.1.3 Elevación del Carril

Para la elevación del carril se montan falsas traviesas cada 3 fijaciones como máximo.

Se aconseja utilizar un sistema de falsas traviesas que cojan el carril por debajo (zona del patín) para así evitar al máximo el posible error de defectos en la inclinación del carril.

El sistema de falsas traviesas deberá ser un sistema robusto y no permita movimiento libre de la vía una vez instalado. Para ello se colocan placas metálicas debajo de los tornillos de regulación, para evitar el hundimiento de este. Estos tornillos de regulación son protegidos mediante un tubo de plástico, para permitir su extracción una vez hormigonado.

4.1.4 Colocación de las Fijaciones

Una vez levantado el carril se procede a la distribución y colocación de los sistemas de fijación. Para sistemas de fijaciones con clips tipo SKL el montaje se realiza con una llave de impacto neumática o eléctrica, en ningún caso se aplicará en esta fase el par de apriete definitivo.

En el caso de sistemas de fijaciones tipo eClip el montaje se debe realizar con las herramientas especiales según las instrucciones del fabricante de los clips.

Los tirafondos o tornillos del sistema de anclaje no se deberán apretar con su par definitivo, sino que solo es necesario un ligero apriete con la mano. Los aprietes finales serán realizados una vez hormigonada la vía y el hormigón haya fraguado.

Los sistemas de fijación y el carril se deben de proteger para evitar que el hormigón entre en contacto durante el proceso de hormigonado de la vía.

4.1.5 Alineación de la Vía

Mediante trabajos de topografía se levanta la vía y se alinea a la posición deseada. Se debe controlar también la inclinación de la vía. En este momento el mallazo se levanta del suelo un mínimo de 5 cm.

La secuencia del posicionado de la vía es la siguiente:

- Levante de vía: Una vez montado el carril e instalados los soportes de nivelación, se procede al levante de la vía, que consiste en subir la vía hasta la cota aproximada dentro de un margen de unos ± 5 mm. Se pueden utilizar puntos nivelados en la solera, cables guía o cualquier referencia de nivelación. Inmediatamente después del levante de vía, es necesario colocar los útiles de alineación para proceder a las siguientes fases constructivas.
- Alineación: En la alineación transversal de la vía, las distancias al paramento y a la entrevía se tomarán a borde inactivo de carril.
- Nivelación: en la nivelación vertical de la vía cuando se nivela el carril director, el segundo carril puede ser nivelado mediante una regla de ancho y peralte.
- Ajuste final de alineación: se ha de comprobar que la flecha correspondiente en cada uno de los dispositivos de alineación es correcta, así como las variaciones entre ellas.
- Ajuste final de nivelación: se ha de comprobar la nivelación de los carriles y corregir los defectos de nivelación surgidos durante el ajuste final de alineación.

Conforme el documento de Línea tecnológica de sistemas de vía en Placa de Metro de Madrid se debe cumplir:

- Regulación alineación mínima ± 12 mm y “a posteriori”.
- Regulación nivelación mínima ± 10 mm y “a posteriori”.

Una vez alineada la vía tanto en vertical como en horizontal se procede a la siguiente fase, que es el hormigonado.

4.1.6 Hormigonado de la Vía

Se aplicará un riego leve de la solera, que humedezca sin encharcar el área que deba ocupar el hormigón.

Se efectuarán encofrados verticales para realizar las paredes laterales de cuantos canales de la red de drenaje hubiese.

Se procede al hormigonado de la vía ferroviaria hasta la cota de la placa base de HPDE del sistema de fijación. Se debe evitar al máximo la formación de coqueras debajo del sistema de fijación, efectuando correctamente el vibrado del hormigón. Después del vibrado, la parte superior del hormigón debe nivelarse de acuerdo con las pendientes acordadas.

Por último, se procede a ejecutar las soldaduras aluminotérmicas y la liberación de tensiones.

4.1.7 Comprobación geométrica de la Vía

Finalizado el hormigonado de la vía ferroviaria, y una vez fraguado el hormigón se puede proceder a retirar las falsas traviesas, tensores y otros útiles.

En este punto se vuelve a controlar la nivelación, alineación, inclinación del carril y ancho de vía.

4.1.8 Limpieza de la Vía

Transcurrido 48 horas desde el hormigonado la vía se procede a la limpieza de esta. Se retiran plásticos y protecciones utilizadas para proteger los sistemas de fijación y el carril, así como eliminar restos de hormigón que hayan podido quedar de fases anteriores.

4.1.9 Apriete de las Fijaciones y Anclajes

Concluida la limpieza la vía se puede proceder al apriete final de las fijaciones y anclajes según el par de apriete final. Los pares de apriete finales dependen del sistema de anclaje y clips utilizados.

4.1.10 Entrega de la Vía

La vía en placa estará lista para su entrega junto con los registros del control dimensional, los certificados de calidad y la garantía del sistema de fijación.

4.2 BOTTOM UP

El proceso constructivo descrito a continuación se basa en el sistema de “abajo arriba” (BOTTOM UP). El principio básico del " abajo arriba " consiste en hormigonar la losa portante, y a continuación posicionar con exactitud la vía.

En este tipo de montaje, la instalación de la vía se realiza utilizando la losa portante como superficie de referencia.

El sistema es similar al descrito, por lo que se lista en orden las actividades de forma resumida.

- Preparación Base de la Vía
- Hormigonado de la Vía
- Colocación de las Fijaciones
- Puesta del Carril
- Alineación de la Vía
- Comprobación geométrica de la Vía
- Limpieza de la Vía
- Apriete de las Fijaciones y Anclajes
- Entrega de la Vía

5 MANTENIMIENTO

El sistema de fijación vulcanizada es sin mantenimiento, aun así, se recomienda realizar una inspección visual y limpieza de los sistemas de fijación según el tráfico que pase y siempre como mínimo una vez al año.

Esta inspección tiene por objeto detectar algún tipo de anomalías externas al sistema de fijación y eliminar objetos extraños o suciedad que pueda dañar el sistema de fijación. En el caso de utilizar clips tipo SKL se deberá de revisar el par de apriete.

APÉNDICES

APÉNDICE 1. CÁLCULO JUSTIFICATIVO DISTANCIA APOYOS

Project Name **Metro Madrid 10kN/mm TOE900**
100km/h | 600mm | Recta | 54E1



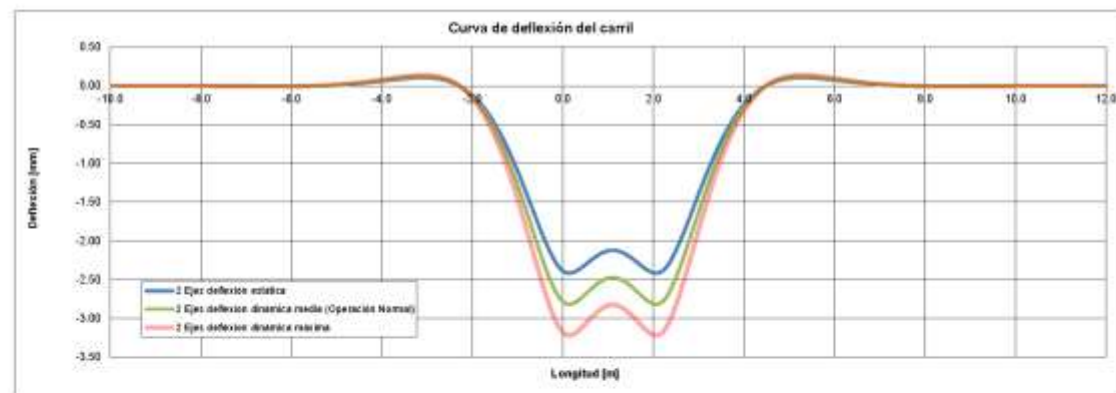
Sujetador de riel

Lista de Verificación

Características de la superestructura		Rigidez / Amortiguaciones	
1. Tipo de carril	UIC 64	12. Rigidez dinámica de la plataforma:	100 [kN/mm]
2. Plataforma	Concrete	13. Capacidad de carga del suelo, valor Ev2:	0 [kN/mm]
3. Tipo de sistema de fijación:	TOE	14. Rigidez de la suela bajo patín:	800 [kN/mm]
4. Número de modelo:	RF900	Características del tren / geometría de la vía	
Datos de la vía		15. Carga por eje:	155 [kN]
5. Peso de carril:	54.43 [kg/m]	16. Velocidad máxima del tren:	100 [km/h]
6. Distancia entre fijaciones	0.6 [m]	17. Tipo de tren (carga / pasajeros):	Pasajeros
7. Peso de las fijaciones	50 [kg]	18. Masa no suspendida:	1200 [kg]
8. Inclinación del carril	1:20	19. Número de ejes por bogie:	2
9. Deflexión máxima del carril	4.5 [mm]	20. Distancia de los ejes (bogie):	2.2 [m]
10. Ancho de vía	1.445 [m]	21. Distancia máxima entre bogies:	11.1 [m]
11. Condición de la vía (Muy bueno / bueno / malo)	Muy Buena	22. Distancia de los bogies al extremo:	6 [m]
		23. Geometría de la vía (recta / curva):	Recta

Resultados de los cálculos

Características de los sistemas de fijación		Cinemática de vía férrea	
24. Rigidez estática de las fijaciones:	10 [kN/mm]	26. Deflexión dinámica máxima del carril:	3.22 [mm]
25. Rigidez dinámica de las fijaciones:	11 [kN/mm]	27. Deflexión dinámica media del carril:	2.81 [mm]
		28. Deflexión estática del carril:	2.42 [mm]
		29. Longitud de la curva del carril (2 ejes):	13.6 [m]
		30. Máxima tensión en el patín del carril:	78.9 [kN/mm]
		31. Máxima tensión permitida en el patín (DB):	178.8 [kN/mm]
		32. Mediana Carga vertical efectiva por fijación (QRW):	27.8 [kN]
		33. Máxima Carga vertical efectiva por fijación (QRW):	31.8 [kN]
		34. Valor específico por metro de carril:	16.5 [kN]



Page 1

Metro Madrid - TOE900 10kN/mm RECTA 153kN 54E1 100kmh 600mm.xdmm



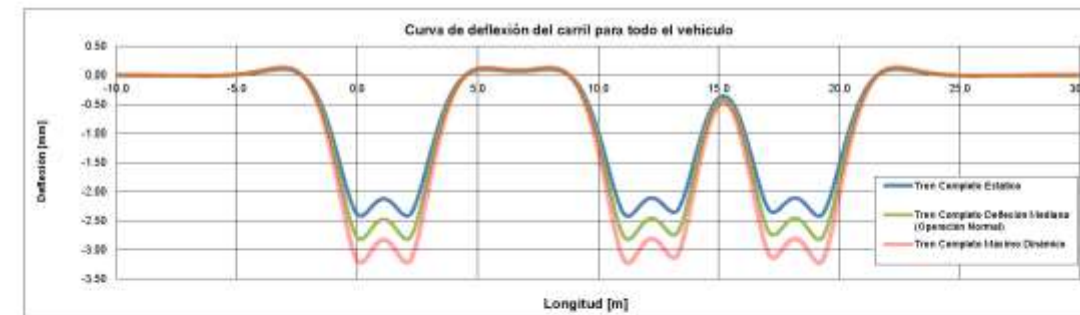
Pérdida de inserción

Rendimiento de amortiguamiento / pérdida de inserción		Unit
35. Frecuencia natural (calculada):	30.2	[Hz]
36. Límite de frecuencia de amortiguación (calculada):	42.7	[Hz]
37. Frecuencia de carga del bogie:	12.6	[Hz]
38. Frecuencia natural del mismo sistema en balasto:	95.9	[Hz]



Nota:
El cálculo se basa en los datos del vehículo y de la superestructura dados. Los valores de De dados corresponden al efecto de aislamiento determinado a partir de la función de transmisión de la cantidad de movimiento medible sobre el carril y de las fuerzas alternativas teóricas en el lado inferior de la fijación / hormigón / plataforma.
Por lo tanto, el valor de De está dando el efecto de aislamiento a vibraciones, referido a la superestructura particular (losa de hormigón) con los sistemas de fijación anti vibratorias propuestos.
Los valores de De, rel representan el efecto de aislamiento teórico de una vía con el sistema de fijación anti vibratoria propuesto en comparación con una vía de balasto estándar sin protección contra vibraciones.

No	Frecuencia Excitación [Hz]	Pérdida Inserción Absoluta De [dB]	Relativa Pérdida Inserción D _{e,rel} [dB]
39	10	1	1
40	12.5	2	1
41	16	3	2
42	20	4	4
43	25	6	6
44	31.5	7	6
45	40	2	0
46	50	-3	-6
47	63	-8	-12
48	80	-11	-18
49	100	-14	-21
50	125	-17	-19
51	160	-20	-16
52	200	-22	-14
53	250	-24	-13
54	> 250 Hz	Estimación	-16
55	Nivel Medio	-18	-16
56	Aislamiento medio [%]	87	84



Page 2

Metro Madrid - TOE900 10kN/mm RECTA 153kN 54E1 100kmh 600mm.xdmm

Project Name **Metro Madrid 7kN/mm EGG X8**
100km/h | 600mm | Recta | 54E1



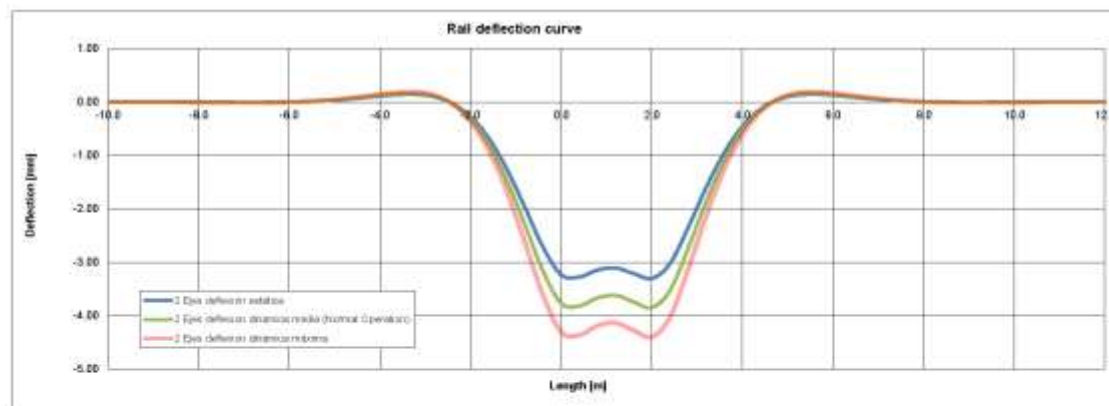
Rail Fastener

Check-List

Características de la superestructura		Rigidez / Amortiguaciones	
1. Tipo de carril	UIC 54	12. Rigidez dinámica de la plataforma:	100 [kN/m]
2. Plataforma	Concrete	13. Capacidad de carga del suelo, valor Ev2:	0 [kN/m²]
3. Tipo de sistema de fijación:	EGG	14. Rigidez de la suela bajo patín:	800 [kN/m]
4. Número de modelo:	X8	Características del tren / geometría de la vía	
Datos de la vía		15. Carga por eje:	155 [kN]
5. Peso de carril:	54.43 [kg/m]	16. Velocidad máxima del tren:	100 [km/h]
6. Distancia entre fijaciones	0.6 [m]	17. Tipo de tren (carga / pasajeros):	Pasajeros
7. Peso de las fijaciones	16 [kg]	18. Masa no suspendida:	2790 [kg]
8. Inclinación del carril	1:20	19. Número de ejes por bogie:	2
9. Deflexión máxima del carril	4.5 [mm]	20. Distancia de los ejes (bogie):	2.2 [m]
10. Ancho de vía	1.445 [m]	21. Distancia máxima entre bogies:	11.1 [m]
11. Condición de la vía (Muy bueno / bueno / malo)	Muy Buena	22. Distancia de los bogies al extremo:	6 [m]
		23. Geometría de la vía (recta / curva):	Recta

Resultados de los cálculos

Características de los sistemas de fijación		Kinematic of track	
24. Rigidez estática de las fijaciones:	7 [kN/mm]	25. Deflexión dinámica máxima del carril:	4.40 [mm]
25. Rigidez dinámica de las fijaciones:	8 [kN/mm]	27. Deflexión dinámica media del carril:	3.85 [mm]
		28. Deflexión estática del carril:	3.30 [mm]
		29. Longitud de la curva del carril (2 ejes):	13.8 [m]
		30. Máxima tensión en el patín del carril:	52.5 [kN/m²]
		31. Máxima tensión permitida en el patín (DB):	178.8 [kN/m²]
		32. Mediana Carga vertical efectiva por fijación (QRW):	26.7 [kN]
		33. Máxima Carga vertical efectiva por fijación (QRW):	30.5 [kN]
		34. Valor específico por metro de carril:	11.6 [kN]



Page 1

Metro Madrid - EGG X8 7kN/mm RECTA 155kN 54E1 100km/h 600mm X8m



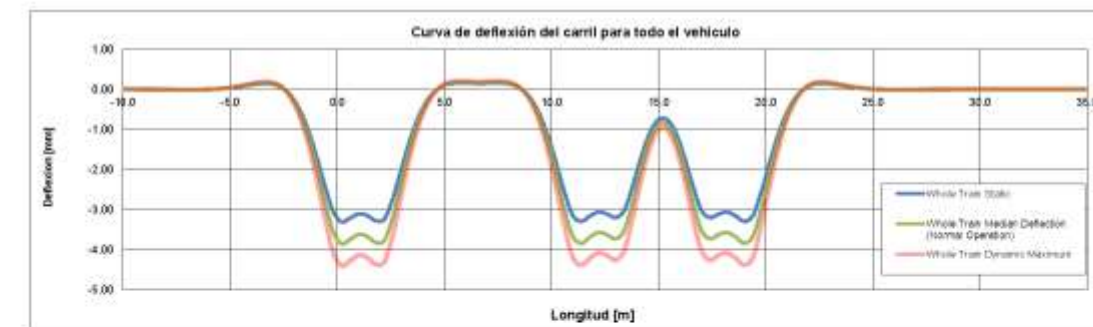
Pérdida de inserción

Rendimiento de amortiguamiento / pérdida de inserción		Unit
35. Frecuencia natural (calculada):	22.8	[Hz]
36. Límite de frecuencia de amortiguación (calculada):	32.2	[Hz]
37. Frecuencia de carga del bogie:	12.6	[Hz]
38. Frecuencia natural del mismo sistema en balasto:	81.9	[Hz]



Nota:
El cálculo se basa en los datos del vehículo y de la superestructura dados. Los valores de De dados corresponden al efecto de aislamiento determinado a partir de la función de transmisión de la cantidad de movimiento medible sobre el carril y de las fuerzas alternativas teóricas en el lado inferior de la fijación / hormigón / plataforma.
Por lo tanto, el valor de De está dando el efecto de aislamiento a vibraciones, referido a la superestructura particular (losa de hormigón) con los sistemas de fijación anti vibratorias propuestos.
Los valores de De, rel representan el efecto de aislamiento teórico de una vía con el sistema de fijación anti vibratoria propuesto en comparación con una vía de balasto estándar sin protección contra vibraciones.

No	Frecuencia Exotación [Hz]	Perdida inserción Absoluta De [dBV]	Relativa Perdida inserción D _{rel} [dBV]
39	10	2	2
40	12.5	3	3
41	16	5	4
42	20	7	6
43	25	8	5
44	31.5	1	-1
45	40	-5	-7
46	50	-9	-12
47	63	-12	-18
48	80	-15	-22
49	100	-18	-21
50	125	-20	-18
51	160	-22	-16
52	200	-25	-14
53	250	-27	-13
54	> 250 Hz	Estimacion	-17
55	Nivel Medio	-21	-17
56	Aislamiento medio [%]	91	96



Page 2

Metro Madrid - EGG X8 7kN/mm RECTA 155kN 54E1 100km/h 600mm X8m