



euskal trenbide sarea

*Proyecto de superestructura de vía del
tramo Lugaritz-Easo y obra de conexión
de Morlans*

Anejo nº 14. Electrificación

Octubre 2022



Índice

1. Objeto del anejo	1
2. Situación actual	2
2.1. Línea aérea de contacto.....	2
2.2. Sistema de alimentación	2
3. Fases de ejecución de los trabajos en materia de electrificación	4
4. Solución adoptada.....	6
5. Catenaria flexible. Descripción de las instalaciones	6
5.1. Características generales.....	6
5.1.1. Estructura de la catenaria	6
5.1.2. Tensión de alimentación	7
5.1.3. Geometría del sistema	7
5.1.4. Agujas aéreas	9
5.1.5. Solape de catenarias en seccionamientos	9
5.1.6. Condiciones ambientales de funcionamiento	9
5.1.7. Criterios de aislamiento.....	9
5.1.8. Protecciones.....	10
5.2. Criterios de evaluación.....	10
5.3. Características de los materiales, equipos y montajes.....	10
5.3.1. Macizos.....	10
5.3.2. Postes.....	10
5.3.3. Ménsulas.....	11
5.3.4. Pórticos	11
5.3.5. Atirantados	11
5.3.6. Suspensiones.....	11
5.3.7. Aisladores	11
5.3.8. Aisladores de sección	11
5.3.9. Conductores.....	12
5.3.10. Péndolas	12
5.3.11. Seccionamientos	13
5.3.12. Equipos de compensación	13
5.3.13. Seccionadores.....	13
5.3.14. Protecciones.....	13
6. Catenaria rígida. Descripción de las instalaciones	16

6.1.	Características generales.....	16
6.2.	Gálbo y altura de hilos de contacto	18
6.3.	Componentes específicos de catenaria rígida	20
6.4.	Hilo de contacto	20
6.5.	Barras de catenaria rígida	20
6.6.	Estructuras soporte: ménsulas de catenaria rígida	22
6.6.1.	Soportes en túnel.....	22
6.6.2.	Soportes a cielo abierto	23
6.7.	Longitud de barras y ubicación de soportes.	24
6.8.	Transición entre catenaria convencional y catenaria rígida	24
6.9.	Cables de alimentación.....	26
6.10.	Máquinas de instalación.....	26
6.11.	Protecciones.....	27
6.12.	Criterios de Evaluación	27
7.	Replanteo de la catenaria	28

Anejo nº14. Electrificación

1. Objeto del anejo

El objeto del presente anejo es el establecimiento de los procesos constructivos técnicos, así como la descripción de las instalaciones con el grado de definición necesario para la ejecución de la tarea de instalación y puesta en servicio de las instalaciones de electrificación durante las situaciones provisionales de obra en la construcción del “Proyecto de superestructura de vía del tramo Lugaritz-Easo y obra de conexión de Morlans”.

Para mantener el servicio por la línea de ferrocarril actual se definen varias fases constructivas, las cuales se detallan en apartados posteriores.

Se pretende poder mantener el servicio ferroviario entre Amara y Anoeta durante el periodo de pruebas y puesta en servicio la Nueva Pasante el Topo, para lo cual se requiere que coexista en el punto de conexión de Morlans una derivación ferroviaria hacia Amara compatible con la ejecución del falso túnel de conexión. En definitiva, se plantea una solución que permita la coexistencia de las instalaciones de servicio ferroviario en Amara y en Easo simultáneamente, para poder realizar el cambio sin interrupciones importantes.

Es importante mencionar que el alcance del contrato no contempla la definición de las instalaciones de electrificación de la situación definitiva. Como se ha comentado anteriormente, únicamente se definen en el presente documento las instalaciones de electrificación de las situaciones provisionales de obra.

Por último, es necesario destacar el fuerte condicionante geométrico existente en cuanto a las rasantes de las vías existentes y las vías a ejecutar. Las vías actuales ascienden desde el falso túnel de Morlans hacia Amara con una rampa de 30 milésimas. Las futuras vías que van desde el falso túnel de Morlans hacia la estación de Easo descienden con una pendiente de 45 milésimas. Existe por tanto una diferencia de rasantes que varía con una tasa del 7,5%, lo que unido a la bifurcación en planta, genera una complicada geometría variable entre la estructura actual y la nueva.

2. Situación actual

2.1. Línea aérea de contacto

La línea aérea de contacto actualmente instalada en la línea de Euskotren Bilbao – Donostia/San Sebastián es del tipo RENFE, poligonal y atirantada, siendo la catenaria de tipo compensado. Esta línea de contacto está constituida, fundamentalmente, por un sustentador de cobre de 153 mm² de sección y dos hilos de contacto, también de cobre, y de 107 mm² de sección cada uno.

El hilo de contacto, en el tramo afectado, se encuentra a una altura comprendida entre 4,60 y 4,90 m sobre el plano medio de rodadura siendo la altura de catenaria de 1.400 mm en trayectos a cielo abierto.

2.2. Sistema de alimentación

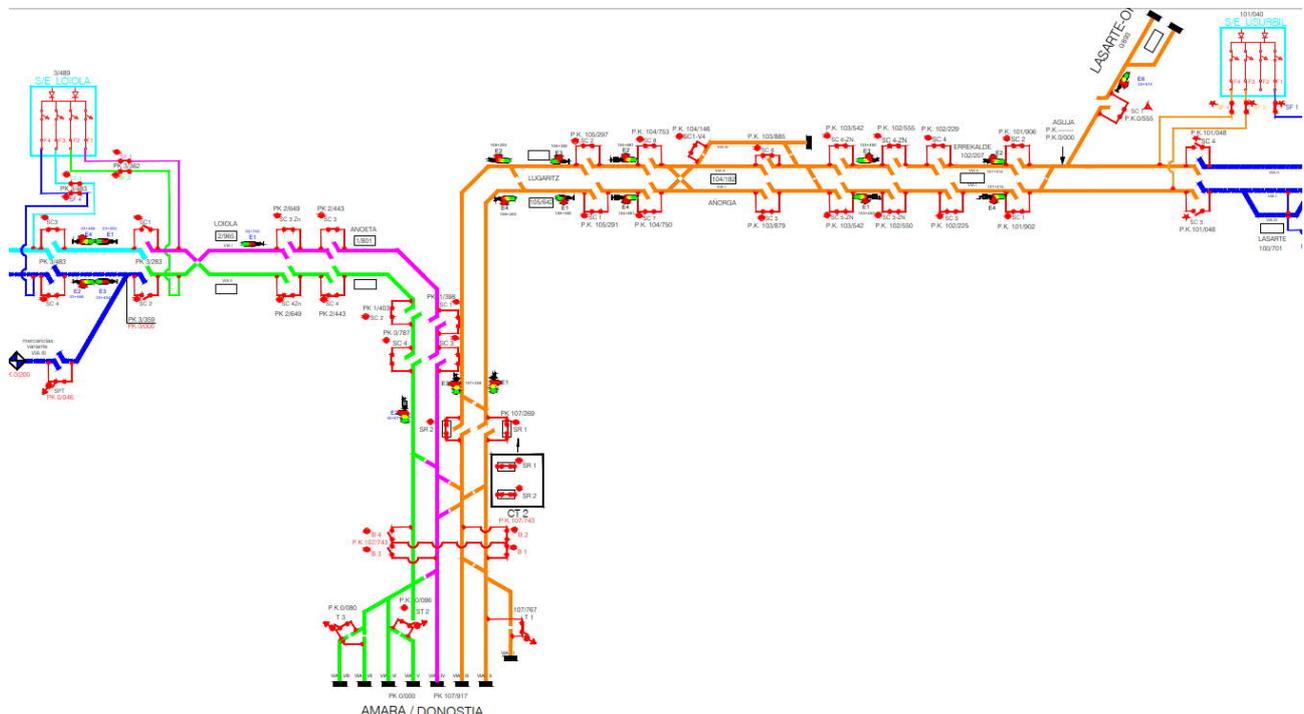
El sistema actual de tracción de la línea de Euskotren Bilbao – Donostia/San Sebastián es de topología en Pi, por el cual un cantón es alimentado por dos subestaciones, es decir, por dos grupos transformadores rectificadores de tracción, por lo tanto, tanto la venir subestación de Loiola, como la subestación de Usurbil, proporcionan la energía eléctrica de media tensión necesaria para la tracción eléctrica.

Por una parte, la subestación de Loiola posee dos seccionadores de feeders telemandados:

- SF1 y SF2, en el P.K 3+362

Por otra parte, la subestación de Usurbil posee otros dos seccionadores de feeders telemandados SF3 y SF4 que podrían llegar a alimentar el tramo objeto de proyecto.

Ambas subestaciones están telemandadas desde la estación de Amara, donde se localiza el CTC.



Dentro del ámbito objeto de proyecto existen los seccionadores de catenaria motorizados y telemandados desde el puesto de mando, los cuales están ubicados en:

Anejo nº 10 Electrificación

- SC1 (P.K 1+399)
- SC2 (P.K 1+403)
- SC3 (P.K 0+790)
- SC4 (P.K 0+790)

Como se indicará posteriormente, será necesario desplazar/sustituir dichos seccionadores durante las situaciones provisionales de obra. Los seccionadores SC3 y SC4 están cableados desde las cocheras de Amara, mientras que los seccionadores SC1 y SC2 desde la estación de Anoeta.

Se detallan a continuación las características de dichos seccionadores:

SECCIONADORES TELEMANDADOS Y MANUALES EN GIPUZKOA (VASCOS)										
LINEAS	P. K.-	NOMBRE	TENSIÓN	EMPRESAS	REFERENCIA	CONDUCTORES	TELEMANDO			TIPOS DE TELEMANDO
		ECCIONADO	MOTOR	INSTALADORA	MOCHILA		PM	S/E	Estación	
Donostia - Hendaia	0/790	SC3	220 ac/2,5 A.	ELECNOR	Mesa AH-25	(4x1,5)+(3x6) mm ²	PM	-	Amara	LOGYTEL
Donostia - Hendaia	0/790	SC4	220 ac/2,5 A.	ELECNOR	Mesa AH-25	(4x1,5)+(3x6) mm ²	PM	-	Amara	LOGYTEL
Donostia - Hendaia	1/399	SC1	220 ac/2 A.	ABENGOA	Logytel ASC-6	(4x1,5)+(3x6) mm ²	PM	-	Anoeta	LOGYTEL
Donostia - Hendaia	1/403	SC2	220 ac/2 A.	ABENGOA	Logytel ASC-6	(4x1,5)+(3x6) mm ²	PM	-	Anoeta	LOGYTEL

3. Fases de ejecución de los trabajos en materia de electrificación

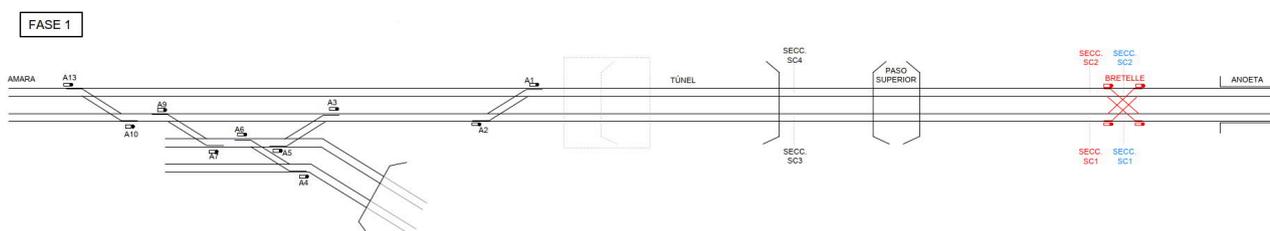
Los trabajos relativos a electrificación ferroviaria se dividen en las siguientes fases:

- **FASE 1.**

Los trabajos en la Fase 1 consisten en la ejecución de la Bretelle en el PK 1+340 aprox..

La ejecución de la Bretelle en esa ubicación implica la necesidad de desplazar (hacia el lado Amara) los seccionadores de catenaria SC1 y SC2, así como tender cableado adicional para telemando de los mismos realizando un empalme con el cableado existente.

Se adjunta un pequeño esquema de los trabajos de Fase 1:



- **FASE 2A.**

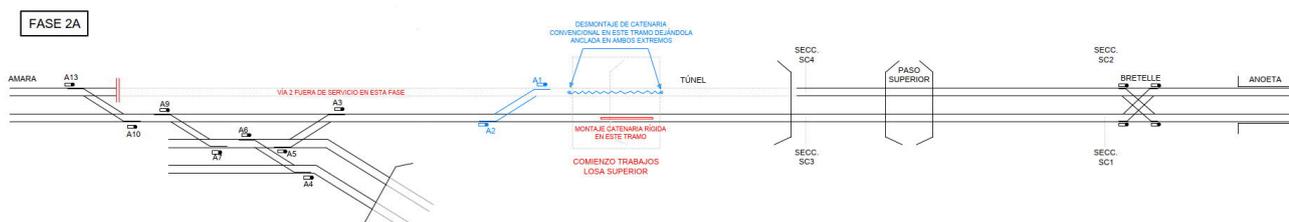
En la Fase 2A se realizan los siguientes trabajos:

- Desmontaje de un tramo de catenaria flexible en la vía 2 entre los PKs 0+412 y 0+560 (tramo de ejecución de los trabajos de la losa superior), dejando la catenaria flexible anclada en ambos extremos.
- Desmontaje de desvío en PK (antes del acceso al túnel)
- Montaje de catenaria rígida en la vía 1 en el tramo de ejecución de la nueva losa superior. El montaje de esta catenaria rígida implica la necesidad de ejecutar las transiciones entre catenaria flexible y catenaria rígida, siendo ésta a cielo abierto del lado Amara y en túnel en el lado Anoeta.

El objetivo de los trabajos de Fase 2A es dejar el tramo donde se ejecuta la nueva losa superior operando a través de la Vía 2, permitiendo la ejecución de trabajos en y desde la vía número 1.

Durante esta fase de ejecución, los trenes permanecen operando a través de la vía nº1 en la zona de actuación de la losa. En dicha zona dan comienzo en esta fase todos los trabajos de ejecución de la obra civil (ejecución de nueva pantalla) para el nuevo desvío.

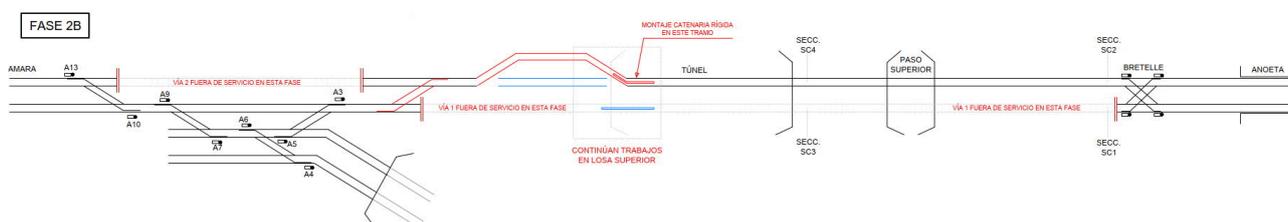
Se adjunta un pequeño esquema de los trabajos de Fase 2A:



• **FASE 2B.**

Una vez ejecutada la infraestructura para el bypass/desvío de la vía nº2 en la zona de ejecución de la losa (PK 0+440 aprox), en esta fase 2B entra en servicio este nuevo desvío, dejando operativa la vía nº2 dentro del túnel. Para dejar operativo ese desvío, al igual que sucede en la Fase 2A, es necesario realizar un tramo de catenaria rígida, con sus consecuentes transiciones entre catenaria rígida y catenaria flexible, siendo esta transición a cielo abierto en el lado Amara y en túnel en el lado Anoeta. Hasta la puesta en servicio de la vía desviada, la vía nº1 debe seguir operativa, debiendo convivir durante un corto espacio de tiempo ambas vías (mientras duran las pruebas, etc...)

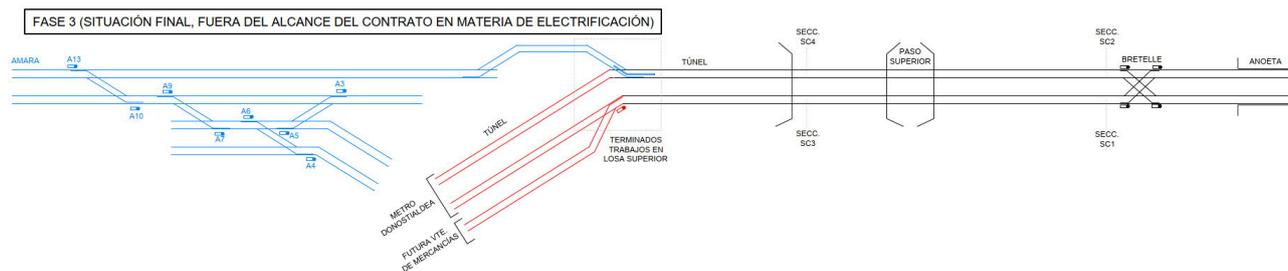
Se adjunta un pequeño esquema de los trabajos de Fase 2B:



• **FASE 3 ó SITUACIÓN DEFINITIVA.**

Como se ha mencionado anteriormente, el alcance del proyecto en materia de electrificación únicamente recoge las situaciones provisionales de obra, no definiéndose la electrificación de la situación final/definitiva donde se realiza la conexión a las vías del Metro Donostialdea y futura variante de mercancías, dejando fuera de servicio las cocheras de Amara.

Se adjunta un pequeño esquema de la situación final/definitiva:



4. Solución adoptada

La catenaria adoptada será la habitual de Euskotren (Normativa ADIF adaptada a Euskotren) para una tensión de 1.500 V c/c.

Se ha proyectado la instalación de dos tipologías de catenaria distintas.

- Por un lado, en prácticamente todo el área de actuación se ha proyectado la instalación de una catenaria flexible tipo CA-160/3kV, similar a la instalada actualmente y adaptada a las actuaciones de los trabajos.
- Por otro lado, en la zona de ejecución de la losa superior, donde el gálibo es extremadamente reducido (longitud de 30-40m en túnel), se ha proyectado la instalación de un sistema de catenaria rígida adaptada para un nivel de aislamiento de 3 kV.

La catenaria flexible a instalar sería un tipo CA-160/3 kV, simple poligonal atirantada con compensación de sustentador e hilos de contacto para una tensión nominal de 3 kV en corriente continua con un sustentador Cu-153mm² y dos hilos de contacto CuAg de 107mm² con tenses nominales de 1389 kgf y 1000 kgf respectivamente.

La catenaria rígida a instalar en los pequeños tramos con gálibo reducido (un tramo en Fase 2A y el otro en Fase 2B) estaría compuesta por un perfil de aleación de aluminio de 80 mm de altura, un hilo de contacto CuAg0.1 de 150 mm² y soportada mediante herrajes tipo brazo a cielo abierto o mediante suspensiones directamente al techo en túnel.

Desde el punto de vista de la electrificación las actuaciones a realizar dentro de este proyecto se dirigen a las necesarias para las situaciones provisionales de obra y serían las siguientes:

- Excavación y construcción de nuevas cimentaciones.
- Montaje e izado de nuevos postes, para elementos de electrificación.
- Montaje de ménsulas y equipos de compensación.
- Tendido de conductores de catenaria.
- Montaje de agujas aéreas.
- Montaje de aisladores de sección
- Tendido de cables de tierra.
- Montaje de soportes de catenaria rígida
- Montaje de barras catenaria rígida y de tendido de conductores
- Desmontaje de todos aquellos elementos que ya no sean necesarios o que interfieran con la nueva situación proyectada de las instalaciones.

5. Catenaria flexible. Descripción de las instalaciones

5.1. Características generales

5.1.1. Estructura de la catenaria

La catenaria proyectada es simple poligonal atirantada, formada por un sustentador apoyado de cobre de 153 mm² y dos hilos de contacto de cobre de 107 mm², de sección ovalada.

Tanto las actuaciones en vías principales como las nuevas catenarias para los desvíos y bretelle se configuran con catenaria correspondiente a vías principales catenaria simple, poligonal y atirantada, formada con sustentador de acero de 153 mm² y dos hilos de contacto de 107 mm² de sección ovalada.

5.1.2. Tensión de alimentación

La alimentación es con corriente continua a una tensión de 1.500V con las tolerancias admitidas en la norma UNE-EN 50163.

5.1.3. Geometría del sistema

5.1.3.1. **Altura del sistema**

La altura nominal del sistema será de 1,40 m en equipos de vía general.

5.1.3.2. **Altura de los hilos de contacto**

La altura normal del hilo de contacto respecto al P.M.R. es de 4,70 m.

La altura mínima exigida por obstáculos superiores será de 4,30 m. y máxima de 5,00 m. con una tolerancia de $\pm 0,01$ m.

5.1.3.3. **Vano**

El vano máximo adoptado es de 60 m en recta, siendo los vanos en curva tales que la flecha máxima de la curva entre apoyos sea inferior a 0,35 m. excepto en los seccionamientos, que será de 20 cm.

La distribución de vanos se realizará de la forma siguiente:

<i>Recta y curva</i>	$R \geq$	1125 m	Vano máximo 60 m.
<i>Curva</i>	$1125 > R \geq$	945 m	Vano máximo 55 m.
<i>Curva</i>	$945 > R \geq$	780 m	Vano máximo 50 m.
<i>Curva</i>	$780 > R \geq$	630 m	Vano máximo 45 m.
<i>Curva</i>	$630 > R \geq$	500 m	Vano máximo 40 m.
<i>Curva</i>	$500 > R \geq$	383 m	Vano máximo 35 m.
<i>Curva</i>	$383 > R \geq$	281 m	Vano máximo 30 m.
<i>Curva</i>	$281 > R \geq$	195 m	Vano máximo 25 m.
<i>Curva</i>	$195 > R \geq$	124 m	Vano máximo 20 m.
<i>Curva</i>	$124 > R \geq$	70 m	Vano máximo 15 m.
<i>Curva</i>	$70 \quad R \geq$	50 m	Vano máximo 12 m.

La diferencia entre vanos contiguos no será mayor de 10 m., excepto en agujas aéreas que será de 5 m

5.1.3.4. **Descentramiento**

Se consideran los siguientes valores:

- En recta ± 20 cm en todos los apoyos.

- En curva ± 25 cm en todos los apoyos (excepto seccionamientos y agujas)

Al ser la catenaria vertical, el sustentador estará descentrado de la misma forma en que lo esté el hilo de contacto.

5.1.3.5. Flecha inicial del hilo de contacto

El pendolado está definido para que el hilo de contacto presente, en posición estática, una flecha sensiblemente igual a $0,6/1.000$ de la longitud del vano.

No podrá ser superior a 35 mm.

5.1.3.6. Pendiente del hilo de contacto

La pendiente máxima en vía general, será del 3‰ entre dos vanos consecutivos.

No obstante, se proyectará procurando conseguir una altura constante del hilo de contacto, y realizando las menores transiciones posibles.

En las vías de cocheras proyectadas no existirá limitación de pendiente máxima.

5.1.3.7. Tensiones de tendido de conductores compensados

a. En vía general:

- | | |
|--|----------|
| ○ Sustentador (Cobre 153 mm ²) | 1.389 kg |
| ○ H.C. (Cobre 107 mm ²) | 1.000 kg |

b. En vía secundaria:

- | | |
|---|----------|
| ○ Sustentador (Acero 72 mm ²) | SIN R.T. |
| ○ H.C. (Cobre 107 mm ²) | 1.000 kg |

5.1.3.8. Compensación de las catenarias

Todas las catenarias de vía general dispondrán de un sustentador de cobre de 153 mm² y dos hilos de contacto de cobre de 107 mm². Asimismo, las péndolas serán de cable flexible de 25 mm² de cobre tipo equipotencial.

Por otra parte, las catenarias de vía secundaria dispondrán de un sustentador de acero de 72 mm² y un hilo de contacto de cobre de 107 mm².

5.1.3.9. Cantón de compensación

La longitud máxima del cantón de compensación será de 1.000 m con compensación a cada lado.

En caso de cantones de seccionamiento inferiores a 500 m las compensaciones se podrán colocar en un solo extremo, en principio, aguas arriba en el sentido de la circulación.

Entre cada dos seccionamientos (de compensación o de aire) se situará un punto fijo. La distancia del punto fijo al seccionamiento no será nunca mayor de 500 m.

5.1.3.10. Gálibo

La implantación de todos los elementos de la catenaria debe tener en cuenta los "Criterios de diseño generales de la catenaria convencional en ETS"

Se respetarán los siguientes valores:

- Recta o curva exterior 1,60 m. Se permite una tolerancia de +0,10 m y -0,10 m
- Curva interior 1,60 m. Se permite una tolerancia de +0,10 m y -0,05 m
- Curva interior (300m < R < 150m) 1,90 m. Se permite una tolerancia de +0,20 m y -0,05 m
- Curva interior (R < 150m) 2,10 m. Se permite una tolerancia de +0,20 m y -0,05 m

En estaciones los valores nominales serán tomados como valores mínimos. En el caso del montaje de postes en andenes el valor de gálibo mínimo será de 4 m entre el poste y el carril, siempre y cuando el andén supere dicha dimensión.

5.1.4. Agujas aéreas

Serán del tipo cruzado con postes en el punto de aguja 35, tanto para vías generales como secundarias.

Todas las agujas se dotarán de las conexiones eléctricas necesarias

5.1.5. Solape de catenarias en seccionamientos

La configuración de cada seccionamiento dependerá de los vanos en los que esté situado, siendo la zona común mínima de 12 m

- Vano > 45 m 2 S/E
- 45 m > Vano > 30 m 2 S/E y 1 E
- Vano < 30 m 2 S/E y 2 E

5.1.6. Condiciones ambientales de funcionamiento

El sistema de línea área de contacto debe proyectarse para su correcto funcionamiento con las condiciones ambientales siguientes:

- Temperatura mínima ambiental -15° C
- Temperatura máxima ambiental 45° C
- Temperatura máxima en conductores 80° C
- Velocidad máxima del viento 120 km/h
- Espesor máximo del manguito de hielo 9 mm

5.1.7. Criterios de aislamiento

Se mantendrán las siguientes distancias de aislamiento entre partes en tensión de la línea aérea de contacto y tierra o material rodante:

- Ambas partes fijas 0,150 m
- Una parte móvil 0,250 m

Todos los aisladores empleados en la catenaria deberán superar los siguientes parámetros eléctricos:

- Línea mínima de fuga de los aisladores 0,300 m
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo en seco 90 kV
- Tensión soportada a frecuencia industrial bajo lluvia 38 kV

5.1.8. Protecciones

Todos los postes irán unidos mediante cable de guarda de aluminio-acero (LA-110) realizando la toma de tierra cada 1 km, con resistencia a la difusión menor de 10 Ω .

Se colocarán pararrayos en todos los puntos fijos y, en general, en aquellos puntos en los que existen actualmente. La toma de tierra del cable de guarda será independiente y con una resistencia de difusión menor de 10 Ω .

Se instalarán descargadores de antena en el perfil anterior o posterior al punto fijo.

Se seguirán las "Instrucciones para la puesta a tierra de los postes, accionamientos, cuadro de mando y pararrayos, de las instalaciones de L.A.C. de RENFE/FEVE".

5.2. Criterios de evaluación

Para realizar su recepción, la evaluación de la catenaria se llevará a cabo mediante el coche auscultador de geometría debiendo estar las mediciones de los siguientes criterios estáticos de acuerdo con unas tolerancias:

- En altura del H.C. respecto al P.M.R.: +1 cm
- En pendiente: +0 mm
- En descentramiento: +2 cm
- Rendimiento de la compensación: 95%
- En peso del conjunto de contrapesos: +7,5 kg

5.3. Características de los materiales, equipos y montajes

5.3.1. Macizos

Se emplearán macizos tipo desmote o terraplén según norma ADIF de electrificación NAE106 "Ejecución de macizos de cimentación para postes y anclajes de línea aérea de contacto" Ed.2 Junio 2017, con conjunto de pernos de M24 o M36 embebidos para el amarre de los postes.

Cada cimentación irá provista de una puesta a tierra independiente mediante pica. Se incluirá un latiguillo de conexión para su unión eléctrica al poste mediante cable de Cu de 50 mm² aislado en PVC 0,6/1 KV. Se fijará a la pica y al poste mediante un terminal adecuado.

Los postes saldrán de fábrica con el taladro para la fijación de la conexión a puesta a tierra.

Peana de hormigón en masa para la cubrición de las tuercas de los pernos una vez izados los postes.

El hormigón será de 125 kg/cm² de resistencia característica

5.3.2. Postes

Serán los normalizados por ADIF tipos X o HEB de distinta sección y longitud con placa base en el caso de ménsula simple o doble, o tipo Z en el caso de pórtico o semipórtico.

En las inmediaciones de la estación se emplearán postes PG1.

Para el resto de casos generales, según memorándum de ADIF, previo visto bueno de la Dirección de Obra.

Cumplirán la E.T. 03.364.100 y E.T. 03.300.101 para galvanizado.

5.3.3. Ménsulas

Los conjuntos a utilizar serán del tipo Ca-1RT y Ca-10RT, con rótula tanto en ménsula como en tirante y tensor de regulación de longitud, tipo K3C, o equivalente, en el tirante. Se evitará la instalación de ménsulas tipo B7; es preferible la instalación de pórticos rígidos.

Las rótulas en ménsulas y en tirante llevarán un casquillo autolubrificante de Selfoil y pasador de acero inoxidable.

Los ejes de giro de ménsula y tirante deberán estar en el mismo eje vertical.

5.3.4. Pórticos

Los pórticos serán de tipo rígido.

5.3.5. Atirantados

Se utilizarán brazos ligeros de duraluminio B-15 en recta y en curva brazos curvos de tubo tipo F-10.

Los conjuntos a montar en vías generales serán del tipo Ca7 y Ca8 para recta, y Ca27 y Ca28 para curva; Ca7-PA y Ca8-PA para agujas y seccionamientos; y, Ca7-PA-T y Ca8-PA-T en las colas de anclaje.

En pórticos rígidos se montarán conjuntos Ca7-PRA en recta y Ca27-PRA en curva.

En vías secundarias se montarán conjuntos Ce21-1 y Ce21-2 en equipos generales, y Ce21-R y Ce21-C en ménsulas dobles.

5.3.6. Suspensiones

En equipos de vía general se montarán conjuntos Ca2-1 y Ca4-1 para curva y recta respectivamente.

En seccionamientos y agujas se montarán conjuntos Ca6-1RT.

En pórticos rígidos se montarán conjuntos Ca9-1.

5.3.7. Aisladores

Los aisladores a utilizar deberán cumplir las Especificaciones Técnicas correspondientes y estar homologados por RENFE/FEVE, tanto el producto como el proveedor.

Se usarán aisladores A-6 y A-7 para diábolos con ejes de acero inoxidable (conjuntos Ca2 y Ca4) en suspensiones.

En los seccionamientos y agujas se usarán aisladores RT65 (conjunto Ca6-1-RT) para las suspensiones.

En atirantado se utilizarán del tipo RT51 y A11 de porcelana o poliméricos.

Para aislamientos intermedios se utilizarán aisladores de vidrio resina-teflón A-28 o A-29 o de fibra de vidrio silicona A-30. (E.T. 03.352.304.4).

En anclajes de cables de cobre o dos hilos de contacto aisladores de vidrio E 70 RZ + E 70 RZ TC.

5.3.8. Aisladores de sección

Para catenaria con dos hilos de contacto se usarán aisladores de sección para 2 H.C. Ri 107 de fibra de vidrio PTFE con deflectores de cobre asimétricos (E.T. 03.364.153.1).

5.3.9. Conductores

Se montará sustentador de cobre de 153 mm² de sección de 37 hilos de 2,30 mm de diámetro según E.T. 03.354.011.

Las características del cable sustentador de cobre serán:

- Material: Cobre
- Sección: 153,726 mm²
- Número de hilos: 37
- Diámetros de los hilos: 12,24 mm
- Diámetro total del conductor: 16,10 mm
- Peso: 1,414 kg/m
- Módulo de elasticidad: 10,300 kg/mm²
- Coeficiente de alargamiento: 17x10⁻⁶
- Tensión a temperatura media: 1.200 kg
- Carga de rotura: 6.060 kg
- Coeficiente de seguridad: 3,5

Se montará hilo de contacto de cobre de 107 mm² según E.T. 03.354.002.2.

El hilo de contacto tendrá las siguientes características:

- Material: Cobre electrolítico ranurado
- Sección: 107 mm²
- Número de hilos: 1
- Diámetros de los hilos: 12,24 mm
- Diámetro total del conductor: 12,24 mm
- Peso: 0,953 kg/m
- Módulo de elasticidad: 12,800 kg/mm²
- Coeficiente de alargamiento: 16x10⁻⁶
- Tensión a temperatura media: 800 kg
- Carga de rotura: 3.783 kg
- Coeficiente de seguridad: 2,6

En vía secundaria se montará sustentador de acero de 72 mm².

Para colas de punto fijo, el cable a instalar será de acero de 48 mm².

El sustentador se tenderá con un sobretense del 10% durante 24 horas.

Los hilos de contacto se tenderán con un sobretense del 25% durante 72 horas.

El cable de guarda será de acero-aluminio de 116,2 mm² (LA-110).

5.3.10. Péndolas

Se montarán péndolas equipotenciales en todo el trayecto. La péndola mínima nunca será inferior a 150 mm.

La tolerancia será de ± 3 mm, por lo que se refiere a la longitud, y de ± 5 mm en cuanto a la separación entre ellas

En vía general se considera:

Anejo nº 10 Electrificación

- Pendolado equipotencial por parejas.
- Distancia entre péndolas de una misma pareja 0,5 m

En vía secundaria se considera:

- El pendolado será de tipo Co7 y Co8
- La distribución será equidistante.

Se adoptarán los valores indicados en las tablas 10 y 11 de la Norma Técnica de ADIF NAE 116 "Cálculo y Montaje del pendolado para Líneas Aéreas de Contacto de C.C. (Líneas Convencionales)" Diciembre de 2007.

5.3.11. Seccionamientos

En los seccionamientos se seguirá el mismo criterio que en los existentes actualmente.

Los seccionamientos de compensación se montarán con doble conexión de alimentación entre los sustentadores y entre los hilos de contacto.

La separación en ménsulas dobles en los seccionamientos deberá proyectarse de acuerdo con el margen de temperatura de -15° C a +80° C.

5.3.12. Equipos de compensación

Todas las catenarias se compensarán mecánicamente mediante equipo de poleas y contrapesos.

La compensación en las vías generales del sustentador y los hilos de contacto será dependiente (compensación única), con una única polea y balancín mientras que en las vías secundarias únicamente se compensará el hilo de contacto.

Compensaciones con sistema autosabotaje tipo Blodi.

Las poleas serán de relación 5:1 en fundición de aluminio.

El recorrido de los contrapesos deberá proyectarse teniendo en cuenta el margen de temperaturas desde -15° C hasta +80° C.

La guía del zuncho de contrapeso será de redondo de diámetro 16 mm.

Las rodellas de contrapeso irán protegidas con una pieza antirrobo.

5.3.13. Seccionadores

Los seccionadores de cabeza de feeder, zona neutra y zona neutra bis serán de apertura en carga según E.T. 03.364.150.7 con accionamientos telemandados, de acuerdo con la E.T. 03.364.151.5 con autotransformador y timonería completa.

5.3.14. Protecciones

5.3.14.1. Cable de guarda

Será de aluminio-acero LA-110 realizando la toma de tierra cada 3 km. En los cambios de dirección o amarres se dará continuidad, mediante un bucle.

La suspensión del cable de guarda se realizará mediante grapa P-18.

En los anclajes del cable de guarda se conectará dicho cable al poste mediante grapa GTLA 11-21.

Los empalmes del cable se realizarán mediante empalmes de compresión tanto al acero como al aluminio.

El tendido se realizará mediante poleas de aluminio y cabestrante.

5.3.14.2. Pararrayos

Se montarán próximos al punto fijo en cabeza de poste sobre mensulilla.

Los pararrayos serán de doble aislamiento, cumpliendo la E.T. 03.264.152.3.

El cable de conexión al sustentador será de cobre, siendo su unión al mismo mediante grifas de compresión por deformación de masa.

5.3.14.3. Toma de tierra

Las tomas de tierra tendrán una resistencia de difusión inferior a 10 Ω .

5.3.14.4. Descargador de intervalo

Se montará descargador de intervalo en toda estructura metálica susceptible de ponerse en tensión, por su proximidad a la catenaria, teniendo que satisfacer las características siguientes:

1. Polarizado.
2. Tensión de disparo cierto: 50 V.
3. Tiempo de respuesta: 3 μ s.
4. Corriente admisible en función de tiempo: 750 A permanentes y 15.000 A durante 0,3 s.
5. Tensión inversa permanente: 2.000 V.

5.3.14.5. Viseras

Se dotará de viseras de protección a las estructuras situadas por encima de las catenarias y feeders (pasos superiores, puentes, etc.).

5.3.14.6. Herrajes

Todos los herrajes serán galvanizados cumpliendo la E.T. 03.300.101 de galvanizado.

5.3.14.7. Circuito de retorno

Cuando sea necesario se montarán conexiones longitudinales soldadas a patín con terminal tipo V-3.

Para conexiones transversales y, en general, para conexiones largas se montarán del tipo V-9 con cable aislado y casquillo.

5.3.14.8. Grifas

Las grifas de conexión y empalme deberán cumplir la E.T. 03.364.015.2.

Las grifas de empalme de los hilos de contacto cumplirán la E.T. 03.364.016.0.

El resto de grifas cumplirán las E.T. 03.364.002 y E.T. 03.364.003-1.

El montaje se hará de acuerdo con la NRE-LAC correspondiente.

5.3.14.9. Accesorios preformados

Cumplirán la E.T. 03.364.004.7.

5.3.14.10. Pequeño material

Los tornillos y pasadores serán de acero inoxidable.

Las grupillas serán todas de latón.

6. Catenaria rígida. Descripción de las instalaciones

Como se ha indicado en el apartado descriptivo de las fases de trabajo, es necesario instalar catenaria rígida tanto en Fase 2A (en vía nº1) como en Fase 2B (en vía nº2 desviada) para permitir la operativa de los trenes.

Se ha decidido la instalación en el túnel de un sistema de catenaria rígida compuesta por un perfil conductor de aluminio de altura 80mm y un hilo de contacto de cobre preparada para un nivel de aislamiento de 3 kV.

6.1. Características generales

La catenaria rígida a instalar cumplirá con las siguientes características generales:

- o Nivel de aislamiento: 3 kV.
- o Sección del hilo de contacto: 1x150 mm².
- o Sección equivalente de cobre conjunto aluminio-cobre: 1.558 mm².

Pendiente máxima del hilo de contacto: 1 ‰. Variación máxima de la pendiente del hilo de contacto: 0.5 ‰.

Se evitará al máximo el número de cambios en la altura del hilo de contacto.

Descentramiento del hilo de contacto respecto al eje de la vía:

- o En recta y curva, cubriendo el rango entre: ± 30 cm.

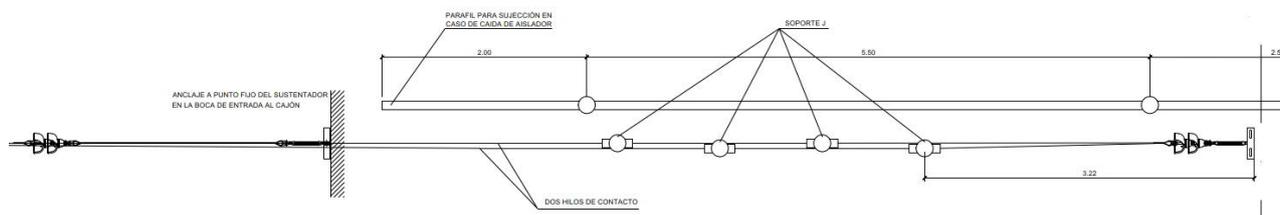
Separación mínima del eje de los soportes en los seccionamientos:

- o De lámina de aire: 270 mm
- o De compensación: 170 mm

Se han considerado las siguientes distancias de aislamiento eléctrico:

- o Estática: 150 mm.
- o Dinámica: 50 mm.

La transición entre catenaria flexible y catenaria rígida se muestra a continuación:



Detalle esquema transición catenaria convencional a catenaria rígida

El anclaje del sustentador se realizará en la bóveda o hastial del túnel, dando continuidad a uno de los hilos de contacto que se une a las barras PAC y anclando el otro hilo de contacto a bóveda o hastial (ver planos de proyecto)

Tanto el hilo de contacto, como el soporte de aluminio se instalarán sin tensión mecánica de tendido alguna.

Anejo nº 10 Electrificación

La longitud del vano tipo será de 8-9 m.

El hilo de contacto va ajustado en el soporte de aluminio, que en su extremo inferior tiene forma de tenaza. La forma del soporte de aluminio es adecuada para conseguir el efecto resorte y contener por simple presión el hilo de contacto.

El modo de instalación del hilo en el soporte o su sustitución es con un útil especial que abre el soporte y tras la colocación o su retirada, vuelve a cerrar el carril.

El hilo no estará en contacto directo con el aluminio aplicándose entre ambos una grasa especial conductora, por lo que se hará pasar al hilo durante su montaje por un manguito de engrase. Esta grasa protege al aluminio y al cobre de la formación de pares galvánicos que produzcan procesos de corrosión localizada, no afectando la circulación de corriente, la misma grasa se aplicará en el caso de conexiones de cable cobre o grapas de aleación del mismo material.

Las barras de catenaria rígida consisten en soportes fabricados a partir de una aleación de aluminio por un procedimiento por prensa de extrusión, en longitudes máximas y normales a determinar previo replanteo de la instalación.

La longitud general de las barras será de 10 metros y vendrán cortadas de fábrica. Las barras de longitud inferior podrán cortarse en obra. Las barras estarán provistas de taladros situados convenientemente a fin de evacuar las posibles condensaciones y acumulaciones de agua dentro del soporte, que siempre contiene gases disueltos o elementos agresivos, en el caso de empalmes con longitudes específicas el corte a medida de las mismas se realizará a pie de obra y el taladrado para la instalación de las bridas de unión se realizará mediante las plantillas facilitadas por el proveedor.

Se procurará que el hilo de contacto sea continuo en cada cantón, tratando de minimizar el número de discontinuidades, en el caso de tener que empalmar secciones de catenaria rígida se limará la transición de los hilos de contacto evitando la formación de escalones o cambios de sección bruscos.

Una vez terminados los trabajos de instalación de las barras de catenaria rígida en su posición definitiva se procederá a la sustitución de los hilos de hilos de contacto de los diferentes seccionamientos de la zona afectada por los trabajos para evitar las discontinuidades.

Las barras de soporte de aluminio irán suspendidas del techo, de los hastiales o bien mediante pórticos intermedios cuando la altura a salvar sea elevada, se emplearán conjuntos de suspensión tipo "brazo".

La rigidez del soporte permite instalar una catenaria rígida con radios de hasta 120 m sin precauciones especiales. Si el soporte se ha curvado previamente de forma mecánica, se pueden incluso equipar vías con radios de 45 m.

A fin de evitar las posibles deformaciones que pudieran producirse en el conjunto carril rígido – hilo de contacto, la catenaria rígida debe cantonarse, la longitud máxima de los cantones de PAC será de 420 metros. Los tramos de catenaria rígida definidos en proyecto son muy inferiores (<40m)

En los puntos con distancia de aislamiento eléctrico mínimo entre carril conductor y estructuras puestas a tierra, las barras de la catenaria rígida incorporarán un aislamiento adicional consistente en una capota aislante. Las características de esta capota aislante de policarbonato son las siguientes:

DATA SHEET PC 38219 V0

PROPERTY	Test condition	UNIT	VALUE	STANDARD
Tensile Modulus	1 mm/min	MPa	2400	ISO 527-1-2
Yield stress	50 mm/min	MPa	68	ISO 527-1-2
Yield strain	50 mm/min	%	6.4	ISO 527-1-2
Nominal strain at break	50 mm/min	%	> 50	ISO 527-1-2
Charpy impact strength	23°C	KJ/m2	N	ISO 179/1eU
Temperatrue of deflection under load	1.80MPa	°C	127	ISO 75
Coefficient of linear thermal expansion	23-55°C	10 ⁻⁴ /K	0.68	ISO 11359-1-2
Burning Behavior	2.0 mm	Class	V-0	UL94
Oxigen index	Method A	%	43	ISO 4589-2
Glow wire test	1 mm	°C	960	IEC 60695-2-12
Electrical Strength	1 mm	KV/mm	34	IEC 60243-1

- UV Stabilized
- Rohs complain
- REACH complain

Especificaciones de capota aislante para catenaria rígida

6.2. Gálibo y altura de hilos de contacto

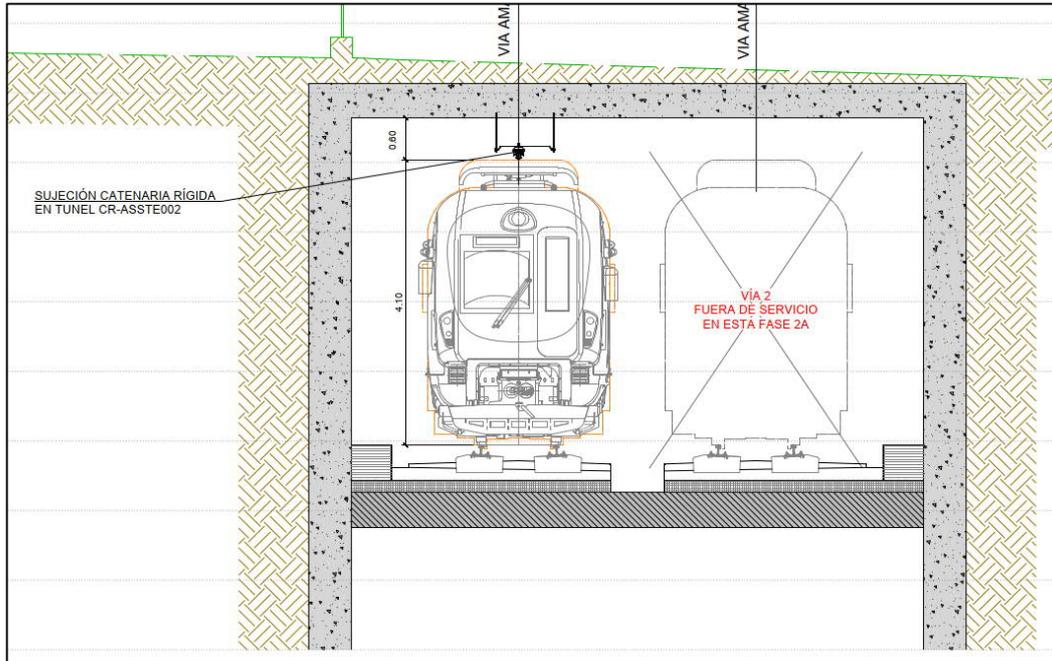
Debido al fuerte condicionante geométrico existente en la zona de ejecución de la losa superior, en cuanto a las rasantes de las vías existentes y las vías a ejecutar, es necesario plantear la solución de instalación de catenaria rígida considerando una altura mínima del hilo de contacto de 4,10m.

Este condicionante se debe a que las vías actuales ascienden desde el falso túnel de Morlans hacia Amara con una rampa de 30 milésimas. Las futuras vías que van desde el falso túnel de Morlans hacia la estación de Easo descienden con una pendiente de 45 milésimas. Existe por tanto una diferencia de rasantes que varía con una tasa del 7,5%, lo que unido a la bifurcación en planta, genera una complicada geometría variable entre la estructura actual y la nueva.

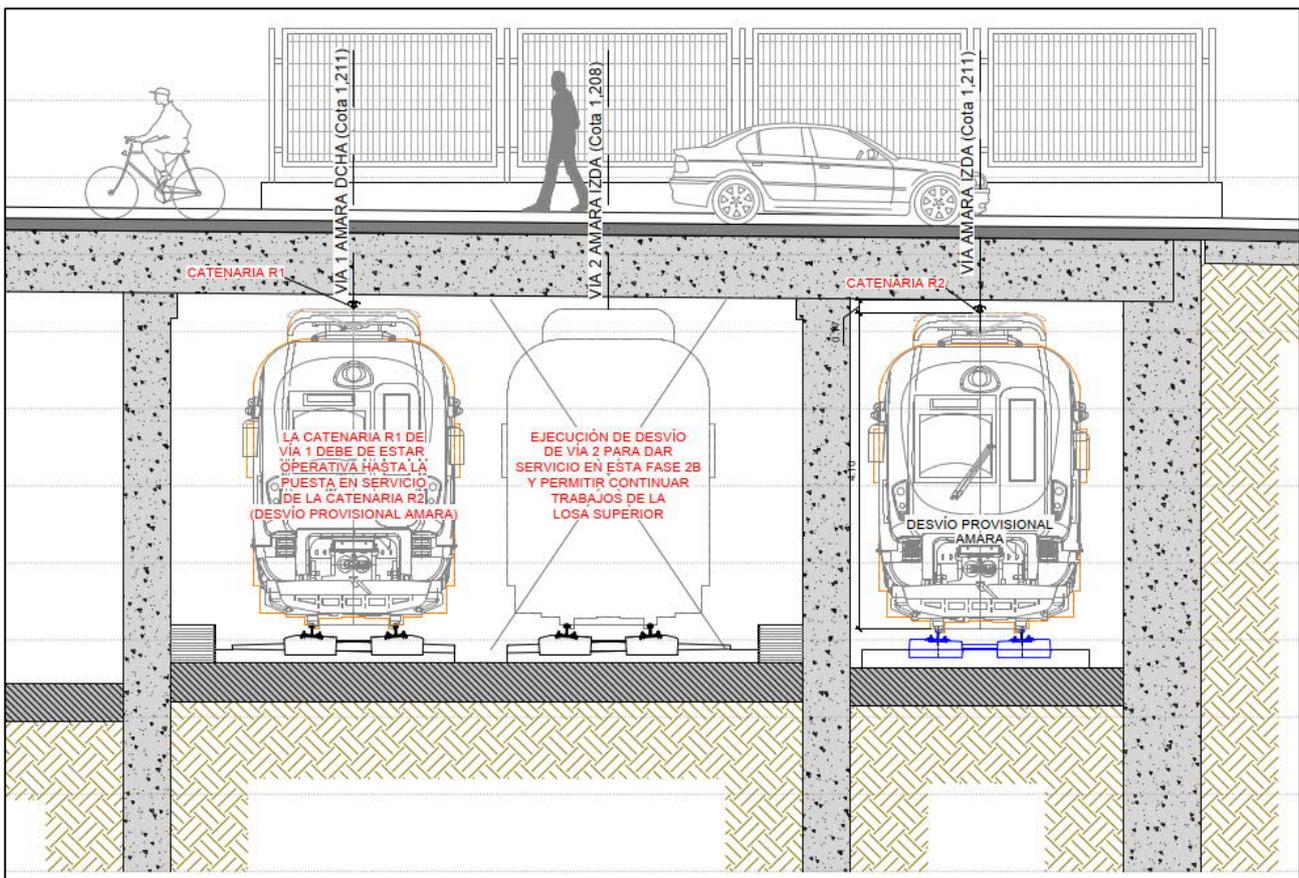
En la zona de actuaciones dónde está prevista la instalación de catenaria rígida, se ha considerado una altura mínima del hilo de contacto de 4,10m. Es importante destacar que se trata de una situación provisional de obra, con un tráfico de trenes a velocidad reducida.

Se adjuntan a continuación imágenes del montaje de la catenaria rígida en interior del túnel existente en Fase 2ª, así como el detalle de montaje en la Fase 2B de la catenaria rígida en interior de túnel en la vía nº2 desviada, esta última con la nueva losa ya ejecutada.

Es importante destacar que la sección aportada en Fase 2B (por el PK 0+524) corresponde a la sección más crítica en lo que respecta a gálibo disponible para montaje de catenaria, debiendo recurrir en este punto a una altura de catenaria de 4,10m.



Detalle de montaje de catenaria rígida en vía 1 en interior de túnel existente en Fase 2A (aún no han comenzado los trabajos de demolición de la losa superior).



Detalle de montaje de catenaria rígida en vía nº2 desviada en Fase 2B, debiendo convivir durante un breve espacio de tiempo con catenaria rígida de vía nº1 (nueva losa superior ejecutada).

6.3. Componentes específicos de catenaria rígida

El sistema de catenaria rígida estará constituido fundamentalmente de los componentes específicos y montajes estructurales que seguidamente se describen:

- Hilo de contacto.
- Barras de aluminio de fijación del hilo de contacto, rectas y curvas.
- Aisladores y elementos aislantes.
- Conjuntos de suspensión y descentramiento.

6.4. Hilo de contacto

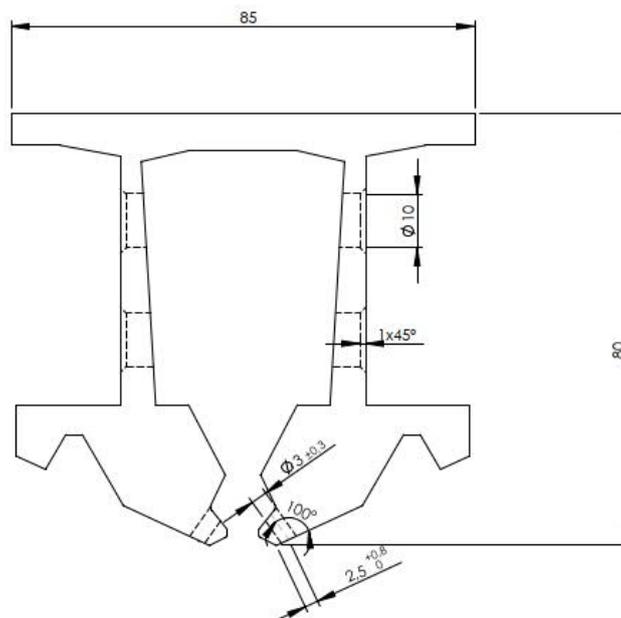
El hilo de contacto a instalar en las barras de catenaria rígida será ranurado de cobre-plata 0,1 de sección circular de 150 mm² normalizado por ADIF.

Características:

- Material: CuAg0.1
- Matrícula:64.291.380
- Sección:150 mm²
- Diámetro: 14,50 mm
- Resistividad máxima a 20 °C: 1,7860 ohm•m•10⁻⁸
- Resistencia mínima a la rotura:358 N/mm²
- Peso unitario: 1,336 kg/m

6.5. Barras de catenaria rígida

El carril conductor estará formado por un conjunto de barras, de hasta 10 m de longitud, unidas entre sí por medio de bridas de unión. Se empleará el soporte de 80 mm de altura y 85 mm de ancho.



Detalle sección perfil de catenaria rígida altura 80mm.

El soporte tendrá una abertura en su parte inferior para introducir en ella el hilo de contacto. La separación del soporte en su parte inferior será algo menor al ancho de la garganta del hilo de contacto, lo que proporcionará la fuerza necesaria para el agarre del hilo de contacto.

El soporte tendrá en su parte inferior dos salientes para que circule por ellos el carro o útil de tendido del hilo de contacto. Asimismo, el soporte tendrá dos ranuras en su parte inferior para que el carro de tendido del hilo de contacto abra el carril conductor.

El útil o carro de tendido será aportado o aprobado por el mismo fabricante que las barras de catenaria rígida. Preferiblemente será suministrado por el mismo fabricante.

Corrosión de Cobre/Aluminio

Para prevenir la posible corrosión por el contacto entre el aluminio del carril conductor y el cobre del hilo de contacto se tomarán las siguientes medidas:

- o Cada barra estará provista de cuatro huecos de ventilación en el lado inferior para prevenir la condensación en su interior.
- o El hilo de contacto será engrasado durante su instalación por medio de una unidad engrasadora especial. La grasa deberá proteger de la corrosión y facilitar la circulación de corriente entre hilo de contacto y carril conductor.
- o En zonas de posible humedad se protegerá el carril conductor con una cubierta de plástico. La cubierta protectora tendrá un peso despreciable en comparación con el soporte de la catenaria y se instalará de modo que no interrumpa los posibles movimientos longitudinales del carril debido a dilataciones sobre todo en las cercanías de los conjuntos de suspensión.

Deberá tener una rigidez tal que no introduzca modificación apreciable en la flecha del carril.

La cubierta será de material sintético aislante de al menos 2 mm de espesor. Para su montaje no se precisarán tornillos o accesorios adicionales, sino que será por simple presión. El material empleado no debe emitir gases tóxicos ni ser propagador de la llama.

Valores estáticos del carril conductor

Aunque estos valores pueden variar según el fabricante final, las características del carril conductor podrán ser las siguientes:

- o Área de la sección del soporte: 2.202 mm²
- o Sección equivalente en cobre: 1.234 mm²
- o Corriente máxima admisible: 3.525 A
- o Peso por unidad de longitud: 5,95 kg/m

Sus características eléctricas serán las siguientes:

- o ρ_{20° (resistencia específica a 20° C) = 0.0330 (Ω mm² /m)
- o γ_r (coeficiente variación resistencia con temperatura) = 4·10⁻³ (1/°C)

Curvado del carril conductor

El carril conductor podrá ser instalado formando radios de hasta 120 m sin necesidad de medidas especiales. Esta curvatura se empleará para conseguir los descentramientos requeridos respecto al eje de la vía (tanto en recta como en curva).

Si en algún caso se necesitasen barras de carril conductor con menores radios se realizarán en fábrica, sin que en ningún caso se pueda hacer curvados sin el material adecuado.

Agarre del hilo de contacto

La abertura inferior del soporte será inferior a la garganta del hilo de contacto para asegurar el correcto agarre del hilo de contacto una vez insertado, aun estando engrasado. Esta fuerza será uniforme en las distintas secciones del carril conductor y proporcional a la longitud de agarre.

Unión entre barras

Las barras de carril conductor se unirán mediante un par de bridas de unión. Esta unión deberá asegurar el mantenimiento de las características mecánicas y eléctricas de la catenaria rígida.

La unión entre barras no coincidirá nunca con la posición del conjunto de suspensión, sino que se montará en un lugar tal que se minimicen los esfuerzos cortantes en la zona de la unión de los soportes, este punto se encuentra a un cuarto de la distancia total del vano.

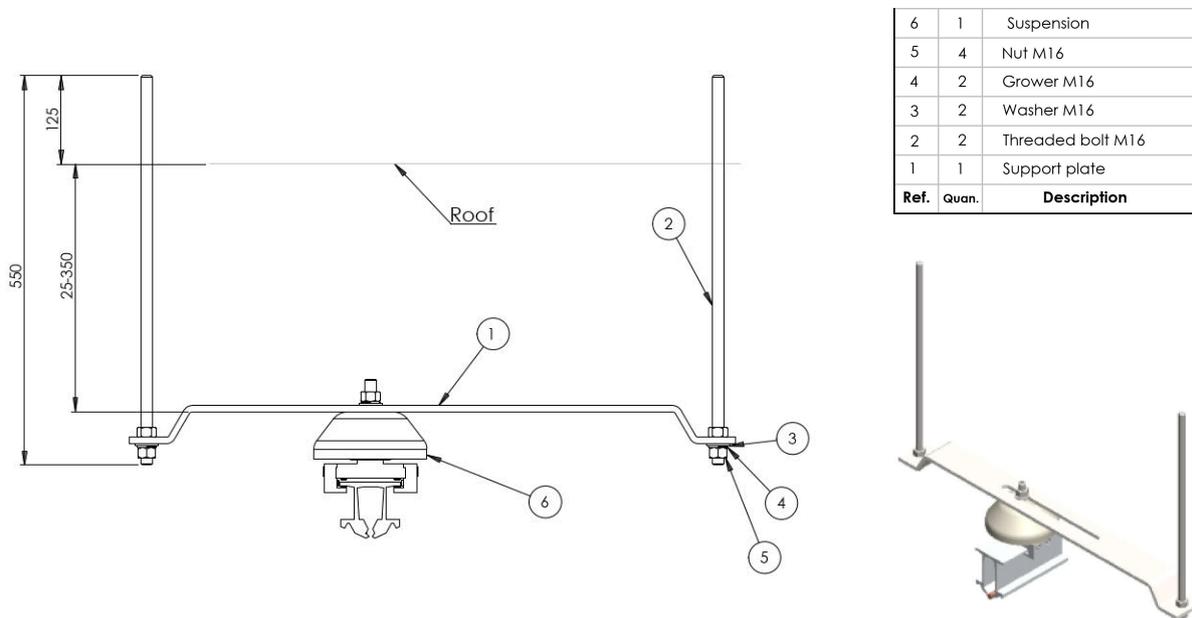
Las bridas de unión serán suministradas por el mismo fabricante que el carril conductor.

6.6. Estructuras soporte: ménsulas de catenaria rígida

6.6.1. Soportes en túnel

Se normaliza un soporte rígido formado por un herraje que se sujeta a la bóveda del túnel, un aislador y unos espárragos roscados que tienen como misión la regulación en fino de la altura del carril de catenaria rígida. Este conjunto de herraje de fijación, aislador de barra y espárragos roscados se denomina soporte rígido.

Son los elementos denominados como “BR1” (para una barra) y “BR2” (para dos barras) en planos de proyecto. Se adjuntan detalles del mismo:



Detalle soporte catenaria rígida (BR1) en interior de túnel

6.6.2. Soportes a cielo abierto

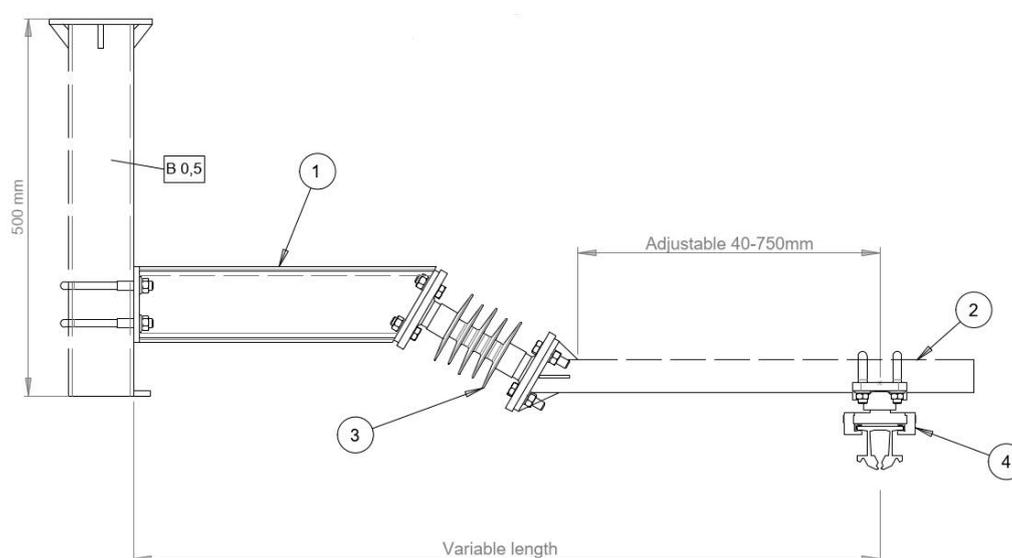
A cielo abierto las barras de la catenaria rígida se fijarán a un conjunto de suspensión de carril conductor tipo “brazo”.

Los conjuntos de suspensión deberán permitir el ajuste del carril conductor en los tres grados de libertad siguientes:

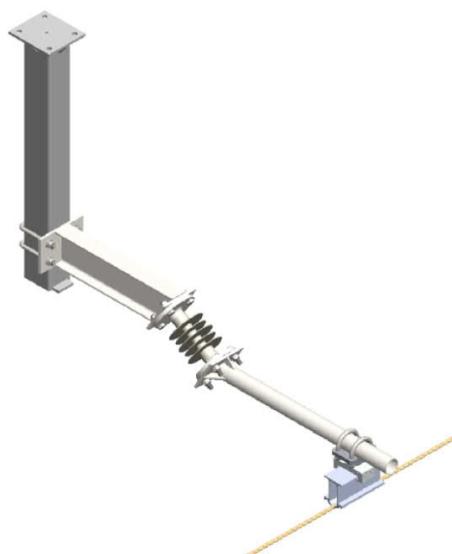
- Descentramiento
- Altura
- Inclinación

La catenaria rígida será perpendicular a la vía, incluso con vía peraltada.

El conjunto de suspensión consiste en un soporte – aislador, suspendido de un brazo vertical de 0,5m de longitud. El brazo va fijado a una viga longitudinal a la vía sustentada entre 2 pórticos rígidos.



4	1	Grapa de suspensión
3	1	Aislador 3kV
2	1	Tubo Ø60,3x2,9
1	1	Soporte a poste
Ref.	Quan.	Description



Detalle soporte catenaria rígida a cielo abierto (“B 0,5” + “R1”)

El conjunto permite una regulación horizontal del soporte de catenaria a través del tubo extremo del conjunto y una regulación vertical, gracias al brazo vertical que va anclado a la viga longitudinal.

El conjunto de suspensión presenta las siguientes características:

- Tensión de servicio: 3 kV/3.6 kV (Nominal/máxima)
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo seco: 90 kV.
- Tensión soportada a frecuencia industrial: 38 kV (EN-5121)
- Línea de fuga mínima: 300 mm.
- Carga de rotura a la flexión: 16.000 N
- Fijación de las partes metálicas con cemento sulfuroso, sellado con silicona.

Con respecto a la brida del carril conductor, ésta presenta las siguientes características:

- Aleación de cobre - aluminio
- Permitirá el giro del carril.
- Incorporará juntas de material sintético para disminuir el rozamiento entre el carril y la brida

Los pórticos rígidos a emplear serán de los normalizados por Adif tipo PRA, anclados a los hastiales del túnel mediante anclajes de seguridad y con tirantes intermedios para reducir la flecha.

6.7. Longitud de barras y ubicación de soportes.

La longitud nominal de las barras será de 10 m, a excepción de puntos singulares y seccionamientos.

Cada barra de carril conductor, por muy corta que sea, se debe unir al menos a un soporte mediante el correspondiente conjunto de suspensión.

La distancia entre soportes y uniones de barras se realizarán a $\frac{1}{4}$ de la distancia entre soportes (aproximadamente a 2,5 m para vanos de 10 m), coincidiendo con el punto de esfuerzo cortante nulo.

En puntos singulares se puede desplazar el soporte respecto a la unión entre barras, pero sin que el desplazamiento sea acumulativo.

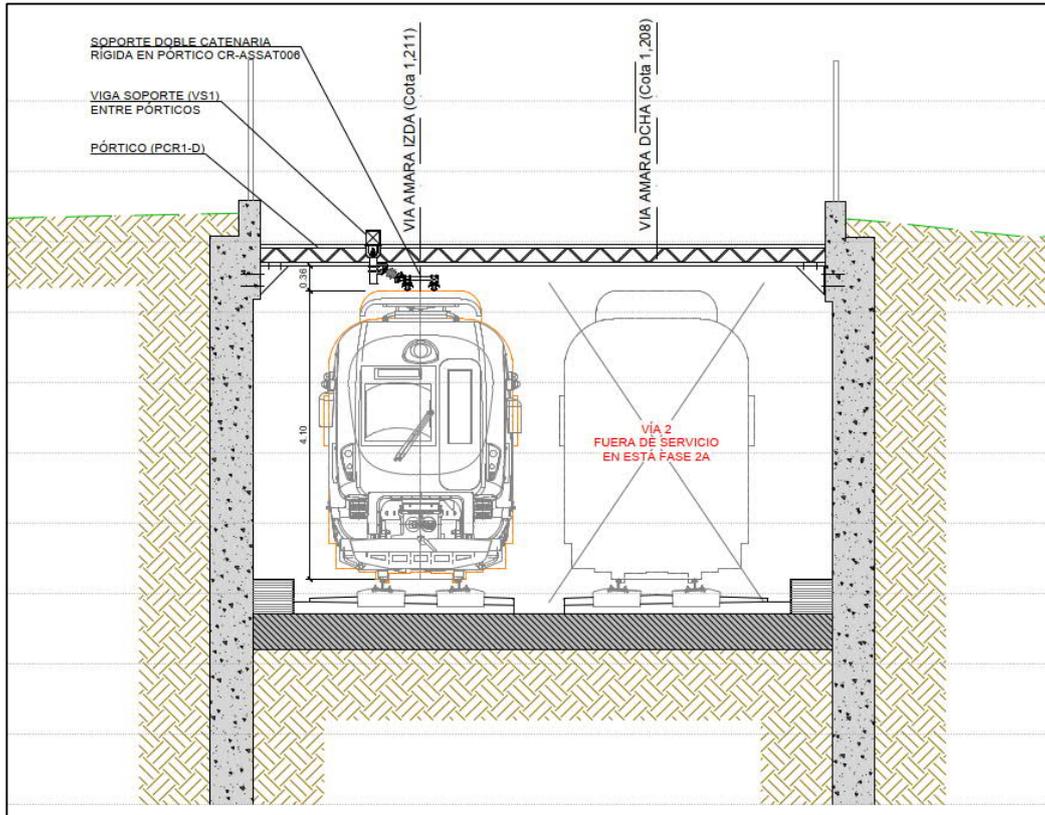
6.8. Transición entre catenaria convencional y catenaria rígida

Como se ha comentado anteriormente, la transición entre catenaria rígida y convencional se realiza tanto en el tramo a cielo abierto como en el interior del túnel.

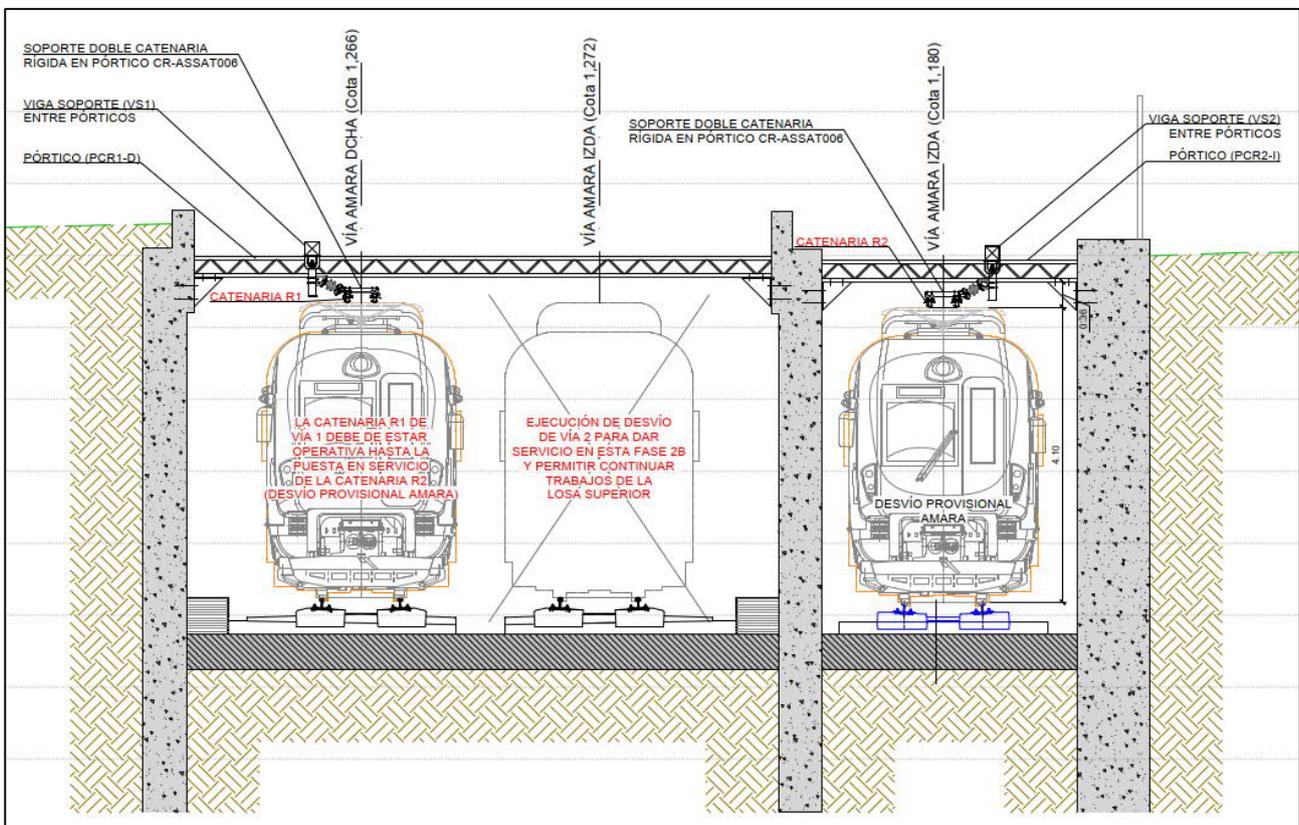
En las transiciones a cielo abierto es necesario el montaje de pórticos rígidos, tal como se define en planos de proyecto, que permiten el anclaje de una viga longitudinal a la vía (vigas denominadas VS en planos, VS1 la instalada en Fase 2A y VS2 la instalada en fase 2B).

A dicha viga longitudinal se fijan los brazos verticales de 0,5m de longitud. Sobre estos brazos verticales se fija el soporte aislador detallado anteriormente.

Se adjuntan a continuación detalles de esta transición a cielo abierto en Fase 2A y Fase 2B, así como ejemplos de esta misma solución utilizada en la entrada del túnel de Chamartín para AV (Madrid):



Detalle sección transversal transición catenaria rígida a convencional a cielo abierto en Fase 1



Detalle sección transversal transición catenaria rígida a convencional a cielo abierto en Fase 2B



Referencia detalle transición entre catenaria rígida y convencional en entrada al túnel de Chamartín (Madrid)

6.9. Cables de alimentación

La conexión entre catenaria y feeder o catenaria y seccionador se realizará mediante dos cables de cobre de 300 mm².

Debido a la rigidez de estos cables, se dispondrá de una placa de cobre de conexión intermedia, fijada mediante aisladores a los paramentos del túnel. Desde dicha placa – que denominaremos placa de positivos – se alimentarán los carriles de catenaria rígida mediante 4 cables de cobre extraflexible de 150 mm².

6.10. Máquinas de instalación.

Para el montaje de la catenaria rígida se emplea la siguiente maquinaria:

- Tractor grúa para levantar las barras.
- Plataforma de vía o tractor con castillete para el personal.
- Carro de replanteo, para obtener la altura del hilo de contacto y del resto de elementos.

Para la inserción del hilo de contacto se usa, además:

- Unidad de engrase del hilo de contacto.
- Aparato de inserción del hilo de contacto. Carro que avanza por los salientes inferiores del carril conductor. Este elemento abre el soporte en su parte inferior e introduce el hilo de contacto en su posición.
- Tractor portabobinas con su correspondiente elemento guizador del hilo de contacto.

6.11. Protecciones

Todos los herrajes irán unidos mediante cable de tierra de aluminio-acero (LA 110)

Para su suspensión se emplearán conjuntos de suspensión de cable de tierra G36U, o grapas similares que permitan su conexión a los herrajes suspensión de ménsula.

La conexión del cable de tierra a cada soporte de suspensión de catenaria se realizará mediante un conjunto de latiguillo de conexión de puesta a tierra para soporte con sujeción independiente, compuesto por:

- 2 m de cable de aluminio acero LA-110
- Terminal de conexión de aluminio
- Conexión de alimentación de cable LA-110 a cable LA-110

Ningún cable de tierra quedará aislado del resto, por lo que se instalarán las conexiones necesarias para asegurar dicha continuidad.

Se instalarán las señales de catenaria: de fin de catenaria, de seccionamiento de catenaria y de peligro.

A fin de conectar correctamente la barra de carril rígido a tierra durante las operaciones de mantenimiento, se instalarán en cada extremo de paquete eléctrico y en puntos intermedios no distanciados más de un cantón de catenaria rígida unos conectores a tal fin. Dichos conectores estarán específicamente diseñados para su empleo con catenaria rígida y serán suministrados preferiblemente por el mismo suministrador que la barra.

6.12. Criterios de Evaluación

La catenaria se evaluará, para su recepción, de acuerdo a los criterios estáticos siguientes:

Se realizará con el coche auscultador de geometría, y se deberán cumplir las siguientes tolerancias:

- En altura del H.C. respecto al plano de rodadura: ± 1 cm
- En pendiente: $\pm 0,5$ mm
- En descentramiento:
- En recta / En curva: + 3 cm, -1 cm/ ± 2 cm

Para la recepción de las transiciones, la Dirección de Obra establecerá las pruebas que considere oportunas para verificar el correcto comportamiento dinámico del conjunto pantógrafo-catenaria entre las que podrán estar:

- Comprobación visual al paso de una dresina provista de pantógrafo o elemento de medición análogo a baja velocidad para verificar la geometría de la catenaria rígida, aunque esta prueba no se puede considerar dinámica como tal se añade en este apartado, pero dado que implica el desplazamiento de maquinaria.
- Comprobación visual y auditiva del chisporroteo al paso de una unidad traccionando. Se comprobará al paso de unidad electrificada mientras va traccionando el comportamiento dinámico de la catenaria rígida en los puntos denominados como críticos, se observará que el chisporroteo al paso por estos puntos es leve o moderado, sin que se formen arcos eléctricos ni exista en ningún caso arrastre del mismo, se verificará igualmente que dicho chisporroteo no provoca microerosiones en el hilo de contacto.

7. Replanteo de la catenaria

El Contratista en compañía de la Dirección de Obra realizará el replanteo de la catenaria en la zona de actuación de la electrificación, comprobando las posibles modificaciones existentes en la obra civil y la adecuación de cada uno de los soportes previstos a la situación real. Como consecuencia del replanteo el Contratista entregará al Director de Obra, para su aprobación, los planos donde se reflejen las modificaciones acordadas (ubicación de elementos, tipo de soporte, seccionamientos, puntos fijos, descentramientos, etc. de la línea), así como los distintos elementos o soluciones particulares necesarias para la correcta realización de las instalaciones objeto de este Proyecto.

Los criterios generales a mantener durante el replanteo serán los siguientes:

- La posición del hilo de contacto variará respecto al eje de vía entre +200 mm y -200 mm en los tramos rectos.
- En los tramos curvos el descentramiento en los puntos de atirantado será de 250 mm hacia el exterior de la curva. La distancia entre soportes será la necesaria para conseguir que el descentramiento máximo en el centro del vano no sea superior a 150 mm.
- La máxima distancia entre dos soportes será de 60 m.
- Siempre que sea posible en cada seccionamiento el descentramiento de la catenaria se realizará de forma que sea uniforme el desgaste del pantógrafo en la zona de contacto considerada (+200 mm ÷ - 200 mm).
- En casos excepcionales (como puede ser en agujas o seccionamientos muy cortos) se podrá, con la aprobación de la Dirección de Obra, no desgastar por igual el pantógrafo en un seccionamiento siempre que se compense esta condición en el siguiente.
- Entre cada dos seccionamientos (de compensación o de aire) se situará un punto fijo. La distancia del punto fijo al seccionamiento no será nunca mayor de 500 m.

Se pondrá especial atención en el replanteo a las dimensiones en infraestructuras que afecten a la construcción de los distintos soportes, ajustando los soportes a la obra civil realmente construida.

La hoja de ruta, que se presenta en el documento *Planos*, especifica:

- Tipo de vía
- P.K de vía general en el que se encuentra el poste
- Perfil. A cada poste se le adjudica un número de identificación, relacionándolo con el P.K en el que se encuentra.
- Vano
- Poste
- Macizo
- Macizo de anclaje
- Descentramiento
- Conjunto de ménsula
- Altura del hilo de contacto
- Conjunto de atirantado
- Conjunto de suspensión
- Observaciones y otros. En donde se refleja:
 - Tipo de poste
 - A/S: Anclaje de seccionamiento

Anejo nº 10 Electrificación

- SE: Semieje
- E: Eje
- AnPF: Anclaje de punto fijo
- PF: Punto fijo
- P-A: Poste de anclaje
- P-E: Poste de elevación
- P35: Aguja Aérea
- Tipo de pórtico
- Ménsula doble
- Anclaje de vía