

ANEJO 11. ELECTRIFICACIÓN

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN Y OBJETO	1
2.	ANTECEDENTES TÉCNICOS	1
2.1	Normativa de obligado cumplimiento	1
2.2	Normas administrativas de carácter general	1
2.3	Documentos CENELEC.....	1
2.4	Documentos IEC.....	2
2.5	Documentos UIC	2
2.6	Documentos ADIF.....	2
2.7	Otros documentos de referencia	3
3.	SITUACIÓN ACTUAL	4
4.	SOLUCIÓN ADOPTADA.....	6
4.1	Esquema de electrificación.....	6
4.2	Línea aérea de contacto	6
4.3	Nueva subestación eléctrica de tracción	6
4.3.1	Línea de acometida eléctrica en Alta Tensión (30 kV)	7
5.	CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SISTEMA	8
5.1	Sistema de catenaria flexible.....	8
5.1.1	Tensión de Alimentación	8
5.1.2	Geometría del Sistema	8
5.1.3	Cantón de compensación	9
5.1.4	Gálibo	9
5.1.5	Condiciones Ambientales de Funcionamiento.....	9
5.1.6	Conductores	9
5.1.7	Postes y pórticos	11
5.2	Subestaciones eléctricas de tracción.....	11
5.2.1	Equipamiento previsto	11

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO

El objeto del presente anejo es describir las actuaciones que deben realizarse en las instalaciones de electrificación como consecuencia de las obras diseñadas en el presente estudio.

2. ANTECEDENTES TÉCNICOS

2.1 Normativa de obligado cumplimiento

Serán de aplicación todas las normas y borradores de normas vigentes en la fecha de redacción del presente estudio, así como los documentos elaborados en el marco de la UIC, ADIF y FEVE.

En el caso que hubiera discrepancias entre dos documentos, prevalecerá el específico para el asunto, así los estándares establecidos por CENELEC, el IEC o el ETSI, tendrán mayor prioridad que los borradores de norma o las recomendaciones y especificaciones establecidas por los estamentos reguladores nacionales.

2.2 Normas administrativas de carácter general

- Ley 38/2015, de 17 de noviembre, del Sector Ferroviario.
- Real Decreto 2387/2004, de 30 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento del Sector Ferroviario.

2.3 Documentos CENELEC

- UNE-EN 50082 o partes de la norma UNE-EN 61000 que sustituyen a la anterior a partir del 1 de julio del 2004 Compatibilidad electromagnética – Norma genérica de inmunidad.
- UNE-EN 50119: Aplicaciones ferroviarias. Instalaciones fijas. Líneas aéreas de contacto para tracción eléctrica.).
- UNE-EN 50121-1: Aplicaciones ferroviarias. Compatibilidad Electromagnética. (Partes 1 a 4).
- UNE-EN 50122-1: Aplicaciones ferroviarias. Instalaciones fijas. Parte 1: Medidas de protección relativas a seguridad eléctrica y puesta a tierra en instalaciones fijas.
- UNE-EN 50122-2: Aplicaciones ferroviarias. Instalaciones fijas. Parte 2: Medidas de protección contra los efectos de las corrientes vagabundas causadas por los sistemas de tracción eléctrica de corriente continua.
- UNE-EN 50124: Aplicaciones ferroviarias. Coordinación de aislamiento. (Partes 1 y 2).
- UNE-EN 50125-1: Aplicaciones ferroviarias. Condiciones ambientales para los equipos. (Partes 1 a 3).
- UNE-EN 50149: Aplicaciones ferroviarias Instalaciones fijas. Tracción eléctrica. Hilos de contacto de cobre y aleaciones de cobre.
- UNE-EN 50162: Protección contra la corrosión por corrientes vagabundas de los sistemas de corriente continua).
- UNE-EN 50163: Aplicaciones ferroviarias. Tensiones de alimentación de los sistemas de tracción.

- UNE-EN 50206-1: Aplicaciones ferroviarias. Material rodante. Pantógrafos: Características y ensayos. Parte 2: Pantógrafos para vehículos de línea principal.
- UNE-EN 50206-2: Aplicaciones ferroviarias. Material rodante. Pantógrafos: Características y ensayos. Parte 2: Pantógrafos para metros y ferrocarriles ligeros.
- UNE-EN 50317:2012 Aplicaciones ferroviarias. Sistemas de captación de corriente. Criterios técnicos para la interacción entre el pantógrafo y la línea aérea (para tener acceso libre).
- UNE-EN 50318: Aplicaciones ferroviarias. Sistemas de captación de corriente. Validación de la simulación de la interacción dinámica entre pantógrafo y línea de contacto.
- UNE-EN 50345: Aplicaciones ferroviarias. Instalaciones fijas. Tracción eléctrica. Conjuntos de cables sintéticos aislantes para el apoyo de líneas aéreas de contacto.
- UNE-EN 50367:2012 Aplicaciones ferroviarias. Sistemas de captación de corriente. Criterios técnicos para la interacción entre el pantógrafo y la línea aérea (para tener acceso libre)
- UNE-EN 50388: Aplicaciones ferroviarias. Instalaciones fijas de alimentación y material rodante. Criterios técnicos para la coordinación entre sistemas de alimentación (subestaciones) y el material rodante para realizar la interoperabilidad.
- UNE-EN 60439: Conjunto de apartamiento de baja tensión. (Partes 1 a 5).
- UNE-EN 60529/IEC 529: Specification of protection by enclosures (IP code) (Especificación de los grados de protección proporcionados por los alojamientos (código IP)).
- UNE-EN 60947: Apartamiento de baja tensión. (Partes 1 a 8).
- UNE-EN 61140: Protección contra los choques eléctricos. Aspectos comunes a las instalaciones y los equipos.

2.4 Documentos IEC

- IEC 364-4-41: Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 4: Protección para garantizar la seguridad. Capítulo 41: Protección contra descargas eléctricas.
- IEC 529/EN 60529: Specification for degrees of protection provided by enclosures (IP code).
- IEC 605-1: Pruebas de fiabilidad, requisitos generales.
- IEC 605-7: Prueba de fiabilidad de equipos - Planes de prueba para confirmar la tasa de fallos y el tiempo medio entre fallos, supuesta una tasa de fallos constante.
- IEC 721: Classification of environmental conditions (Clasificación de condiciones ambientales).
- IEC 60077-3: Railway applications – Electric equipment for rolling stock – Part 3: Electrotechnical components – Rules for d.c. circuit – breakers. (Aplicaciones ferroviarias. Equipos eléctricos para el material rodante. Parte 3: Componentes electrónicos. Reglas para interruptores automáticos en corriente continua).
- IEC 60077-5: Railway applications - Electric equipment for rolling stock - Part 5: Electrotechnical components - Rules for HV Fuses.
- IEC 60494-1: Railway applications -Rolling stock – Pantographs -Characteristics and tests - Part 1: Pantographs for mainline vehicles.

- IEC 60494-2: Railway applications -Rolling stock -Pantographs -Characteristics and tests -Part 2: Pantographs for metros and light rail vehicles.
- IEC 62128-2: Railway applications - Fixed installations - Part 2: Protective provisions against the effects of stray currents caused by d.c. traction systems.
- IEC 62236-1: Railway applications -Electromagnetic compatibility -Part 1: General.

2.5 Documentos UIC

- UIC 791 R: Assurances qualité des installations. Caténaires. 2ème édition, janvier 1990.
- UIC 794 O: Interaction entre caténaire et pantographe dans le Réseau européen à grande vitesse. 1ère édition, Janvier 1996.
- UIC 794-1 OR: Interaction entre caténaire et pantographe pour leslignes ferroviaires en courant continu. 1ère édition, Juin 2000.
- UIC 796 O: Tension au pantographe. 1ère édition, Juin 2000.

2.6 Documentos ADIF

Normativa de montaje y ejecución

- N.A.E. 101. Norma de montaje de las grifas de conexión y empalme para la catenaria.
- NAE 101. Grifas de conexión y empalme para la catenaria. (2ª ed.)
- NAE 102. Montaje de herrajes helicoidales preformados para electrificación. (2ª ed.)
- NAE 103. Anclajes de seguridad para electrificación
- NAE 106_2. Ejecución de macizos de cimentación para postes y anclajes de línea aérea de contacto.
- NAE 107. Definición y medida de parámetros geométricos de la Línea Aérea de Contacto (Catenaria)
- NAE 108. Ejecución y montaje de sustentador e hilo de contacto de la Línea Aérea de Contacto (Catenaria)
- NAE 110. Pliego de condiciones técnicas para montaje del cable alimentador o feeder (desnudo y aéreo) de la Línea Aérea de Contacto (Catenaria 3 kV C.C.)
- NAE 111. Ejecución y montaje del cable de tierra de la Línea Aérea de Contacto (Catenaria 3 kV C.C.)
- NAE 112_2. Esquemas eléctricos de línea aérea de contacto en corriente continua.
- NAE 113. Ejecución, montaje y tipos de anclaje necesarios para la instalación de diverso tipo de postes
- NAE 114. Montaje de cables aislados para feeders en corriente continua
- NAE 115. Ejecución, montaje de agujas aéreas (Catenaria 3000 V C.C.)
- NAE 116. Cálculo y montaje del pendolado para líneas aéreas de contacto de corriente continua (líneas convencionales)

- NAE 117. Línea aérea de contacto para vías con tres carriles electrificadas en corriente continua.
- NAE 120. Guía para el control de calidad en la ejecución de instalaciones ferroviarias de la Línea Aérea de Contacto
- NAE 201. Instrucción Técnica para el montaje de grapas de anclaje tipo "CUÑA".
- NAE 300. Diseño funcional de línea aérea de contacto tipo CA-160/3kV.

Especificaciones técnicas

- ET 03.313.002.2. Cables de acero para usos generales
- ET 03.364.003.8. Piezas fundidas de aleaciones de cobre para elementos auxiliares de catenaria
- ET 03.364.004.6. Herrajes helicoidales preformados para electrificación
- ET 03.364.005.3. Conexiones eléctricas de carriles
- ET 03.364.008.7. Tensores y herrajes de anclajes y cadenas de aisladores para electrificación.
- ET 03.364.011.1. Piezas de acero y acero inoxidable para línea aérea de contacto.
- ET 03.364.012.9. Piezas de fundición para elementos auxiliares de catenaria
- ET 03.364.014.5. Tubos de acero y aluminio para línea de aérea de contacto.
- ET 03.364.015.2_2. Grifas y manguitos de cobre electrolítico para conexión y empalme en catenaria
- ET 03.364.016.0_2. Grifas de aleación de cobre para empalme de hilo de contacto en catenaria
- ET 03.364.017.8_2. Anclajes de seguridad para electrificación. (2ª ed.)
- ET 03.364.018.6. Grifas de atirantado y de péndola para la catenaria
- ET 03.364.019.4. Piezas, tornillería y tubos de acero galvanizados en caliente
- ET 03.364.020.2. Manguitos de empalme y grapas de aluminio para sujeción o derivación de cables de aluminio en la Línea Aérea de Contacto
- ET 03.364.021.0_2. Grapas de sujeción, conexión y terminales para cable de aluminio en la toma de tierra de la L.A.C. (2ª ed.)
- ET 03.364.022.8. Ejes y estribos de acero y acero inoxidable para línea aérea de contacto.
- ET 03.364.101.0. Estructuras metálicas para soporte de línea aérea de contacto. (edición 1ª+M1)
- ET 03.364.102.8. Brazos de atirantado para electrificación
- ET 03.364.103.6. Conjuntos de poleas para electrificación.
- ET 03.364.104.4. Conjuntos de giro de ménsulas
- ET 03.364.150.7_2. Seccionadores unipolares para instalación en exterior de 3 kV c.c. y de 25 kV c.a. para catenaria. (2ª ed.)
- ET 03.364.151.5. Accionamientos de seccionadores
- ET 03.364.153.1_2. Aisladores de sección de material compuesto para L.A.C. de 3 kV C.C. y de 25 kV C.A. (2ª ed.)
- ET 03.364.154.9_2. Aisladores de porcelana para tensiones de 3.300 V C.C. para la suspensión y atirantado de catenaria (tipos A-11 y RT-51). (2ª ed.)
- ET 03.364.155.6. Accionamientos hidráulicos para seccionadores de catenaria
- ET 03.364.156.4. Pararrayos de óxido metálico para electrificación en corriente continua.
- ET 03.364.158.0_2. Conductores de cobre desnudos para electrificación. (2ª ed.)
- ET 03.364.159.8. Cables de cobre débilmente aleados para electrificación
- ET 03.364.160.6. Pértigas aislantes
- ET 03.364.161.4. Cables desnudos de aluminio y de aluminio con alma de acero para líneas eléctricas aéreas
- ET 03.364.162.2. Aisladores de material cerámico para L.A.C. de 3 kV c.c. y de 25 kV c.a.
- ET 03.364.163.0. Aisladores de material cerámico para conjuntos de suspensión de L.A.C. de 3 kV c.c.
- ET 03.364.164.8. Aisladores de vidrio tipos A11 y RT51 para L.A.C. de 3 kV c.c.
- ET 03.364.165.5. Aisladores de vidrio para L.A.C. de 3 kV c.c. y de 25 kV c.a.
- ET 03.364.170.5. Cables de energía unipolares para alta tensión con aislamiento extruido.
- ET 03.364.200.0. Grapas de anclaje tipo cono
- ET 03.364.202.6. Aisladores compuestos para catenaria
- ET 03.364.204.2. Dispositivos limitadores de tensión para electrificaciones en corriente continua.
- ET 03.364.291.9_4. Hilo ranurado para la línea de contacto. (4ª ed.)
- ET 03.364.503.7 Suministro y uso de herrajes de fundición de aluminio para Electrificación Ferroviaria de Alta Velocidad
- ET 03.366.206.5 Electroodos (picas) de puesta a tierra, constituidos por varillas cilíndricas bimetálicas

2.7 Otros documentos de referencia

- R.B.T. Reglamento Electrónico para Baja Tensión e instrucción técnica complementaria (Ministerio de Ciencia y Tecnología Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2.002, publicado en B.O.E. 18 de septiembre).
- L.A.T. REAL DECRETO 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- R.A.T. REAL DECRETO 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- N.E.L.F. Normas de Ensayo del Laboratorio de Transporte y Mecánica del Suelo del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas.
- M.E.L.C. Métodos de Ensayo de Laboratorio Central de ensayos de materiales.
- N.T.E. Normas tecnológicas de la Edificación.
- R.P.H. Recomendaciones prácticas para una buena protección del hormigón I.E.T.

- U.I.T.-T. Recomendaciones técnicas de la Unión Internacional de Telecomunicaciones. (Anteriormente C.C.I.T.T.).
- U.N.E. Normas de la Asociación Española de Normalización y Certificación

Si se produce alguna discrepancia entre los términos de una prescripción análoga contenida en las Prescripciones Generales citadas anteriormente, será de aplicación la más exigente.

3. SITUACIÓN ACTUAL

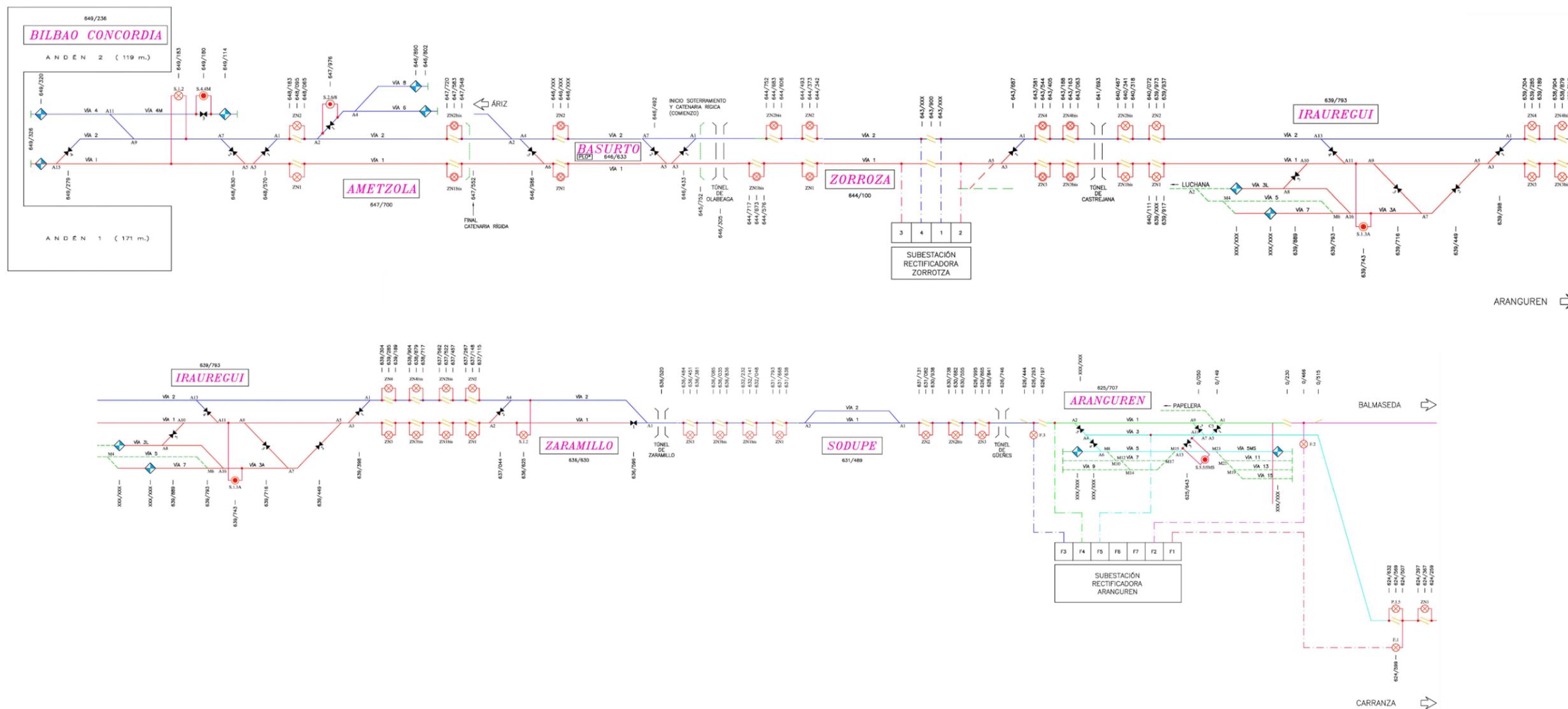
La línea entre Aranguren y Bilbao La Concordia de la Red de Ancho Métrico (RAM) de ADIF, dispone de vía doble electrificada a 1.500 VCC. La vía existente se encuentra electrificada con catenaria compensada compuesta por dos hilos de contacto y sustentador. El pendolado existente es de tipo varilla.

La línea entre Aranguren y Bilbao La Concordia dispone de dos subestaciones eléctricas de tracción (Aranguren y Zorrotza). Desde la SET de Zorrotza se alimenta la línea en ménsula hasta el final de línea en Bilbao Concordia. La distancia desde la SET de Zorrotza (P.K. 643/900) hasta el final de línea (P.K. 649/326) es de 5.426 metros.

La SET de Zorrotza dispone de dos grupos de 1.250 kW de potencia cada uno.

El tramo objeto del presente estudio, comprendido entre los PPKs 943+097 y 945+238 y el cual incluye la estación de Zorrotza, discurre a cielo abierto en todo su recorrido. Se dispone de un escape y un desvío para el acceso a la Base de Mantenimiento existente junto a la SET de Zorrotza.

A continuación, se adjunta el esquema de electrificación actual del tramo Bilbao-Aranguren.



Esquema de electrificación actual del tramo Bilbao-Aranguren

4. SOLUCIÓN ADOPTADA

4.1 Esquema de electrificación

La solución adoptada tiene en cuenta la nueva disposición de vías y aparatos, así como la reubicación de la SET de Zorrotza. En el documento Planos se incluye una propuesta de esquema de electrificación futuro en el tramo afectado por el estudio.

4.2 Línea aérea de contacto

Se propone la instalación de un sistema de Línea Aérea de Contacto nuevo adaptado a las características del nuevo tramo.

Por lo tanto, se deberá proceder a la electrificación de las nuevas vías contempladas, así como al levante de todas las estructuras, equipos y catenarias actuales que queden fuera de servicio.

Por tanto, dentro de actuaciones se debería incluir las siguientes:

- Electrificación de todas las vías de la nueva variante soterrada. Constando el soterramiento de dos vías generales de ancho métrico, y una vía para el uso de exclusivo de trenes de mercancías.

Para este tramo se propone la instalación de catenaria flexible tipo CA-160/3kVcc adaptada a los requerimientos de la Red de Ancho Métrico.

La solución adoptada requeriría por tanto de las siguientes actividades:

- Excavación y hormigonado de nuevas cimentaciones para postes y anclajes
- Izado de nuevos postes de electrificación
- Fijación de cables de tierra a los nuevos postes
- Montaje de soportes en túnel
- Montaje de equipos de catenaria: ménsulas, suspensiones y atirantados
- Montaje de equipos de compensación.
- Ejecución de elevaciones, cola de catenaria, anclajes
- Montaje de seccionamientos
- Montaje de agujas aéreas
- Tendidos de catenarias: sustentador, hilos de contacto y pendolado.
- Instalación de aislamientos intermedios y conexiones.
- Instalación de pararrayos tipo autoválvula.
- Instalación de descargadores de intervalos
- Montaje y conexionado de seccionadores
- Montaje de PLO para mando y control de seccionadores de catenaria

- Desmontaje y demolición de todos aquellos elementos de la electrificación que interfieran con las nuevas instalaciones o queden fuera de servicio.

4.3 Nueva subestación eléctrica de tracción

Debido a que la SET de Zorrotza actual será afectada por el nuevo trazado previsto en el presente estudio, se propone la ejecución de una nueva en una parcela próxima al apeadero de Santa Agueda, entre la línea de ferrocarril y la carretera BI-3742.

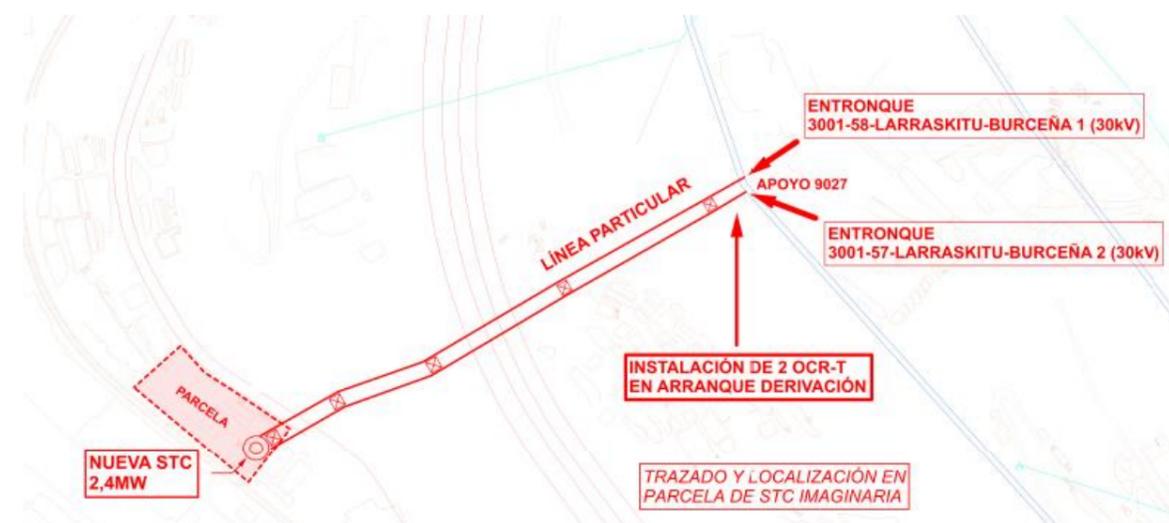


Parcela futura SET

Se considera que las necesidades de potencia de la SET de Zorroza no se ven afectadas por el desplazamiento previsto. El alejamiento de Bilbao implica que se incremente la caída de tensión del tramo Zorroza-Bilbao, obteniéndose los valores más limitantes de tensión en el entorno de Bilbao, ya que la subestación de Zorrotza alimenta en punta este tramo. No obstante, con el tráfico actual, las simulaciones realizadas por la Subdirección de Energía de Adif, indican que no hay problemas con la caída de tensión en el punto más limitante (entorno de la estación de Bilbao-final de línea). Por lo tanto, no es necesario aumentar la potencia al alejarla a la nueva ubicación propuesta.

El equipamiento de la nueva SET cumplirá con las especificaciones técnicas de ADIF, y estará compuesta principalmente por:

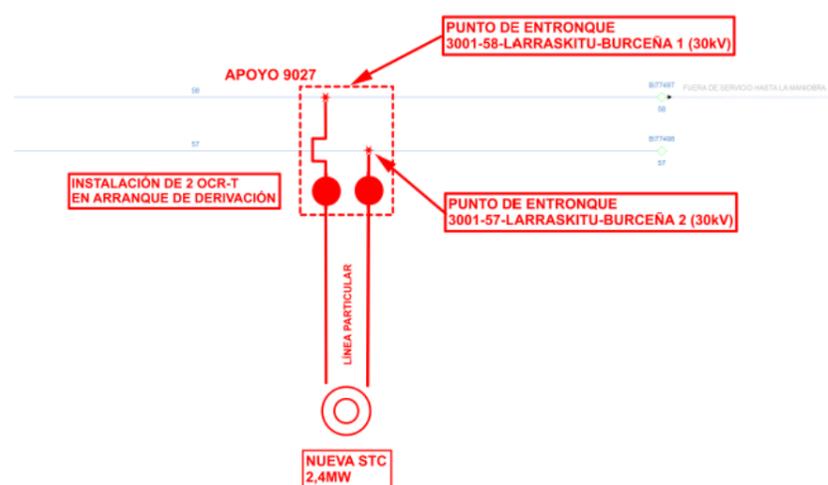
- Celdas de entrada (30 kV)
- Transformadores de tracción
- Transformador de servicios auxiliares
- Rectificadores
- Bobinas de alisamiento
- Filtros de armónicos
- Celdas de corriente continua
- Pórtico de feeders
- Centro elevador (400/2.200 V) para alimentación a línea de señalización.
- Sistema BT (cuadros eléctricos, rectificadores, baterías, etc.)
- Sistema de protección y control
- Sistemas auxiliares
- Red de tierras



Trazado propuesto para la línea de acometida eléctrica en Alta Tensión a la futura SET

4.3.1 Línea de acometida eléctrica en Alta Tensión (30 kV)

El punto de conexión propuesto por I-DE, grupo Iberdrola, para la alimentación a la nueva SET en 30 kV doble circuito, se corresponde con el apoyo 9027 de la Línea Larraskitu-Burceña 1 y 2 tal y como se puede observar en el siguiente esquema:



Punto de conexión línea de acometida para futura SET

El trazado será la Línea de acometida en Alta Tensión será en aéreo en todo su recorrido.

5. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SISTEMA

5.1 Sistema de catenaria flexible

La catenaria definida es la catenaria tipo ADIF, CA-160/3 kV tipo A, alimentada a 1.500 V de c.c. y adaptada a los requerimientos de las instalaciones de RAM. Esta catenaria estará preparada para un nivel de aislamiento de 3 kV aunque el sistema va a operarse en 1,5 kVcc.

Dicha catenaria es simple, poligonal y atirantada, formada por un sustentador apoyado y dos hilos de contacto, sin péndola en Y, y con flecha inicial de los hilos de contacto.

En todo lo no indicado en este documento se seguirá la NAE 300. Diseño funcional de línea aérea de contacto tipo CA-160/3kV.

La principal diferencia con la tipología estándar de 3kV reside en las dimensiones de las ménsulas, que aunque del mismo tipo, son ligeramente más cortas para adecuarlas al ancho y al gálibo específicos de la RAM.

5.1.1 Tensión de Alimentación

Corriente continua a una tensión nominal de 1.500 V, aunque el nivel de aislamiento de los componentes de la CA-160/3kV es de 3000 V.

5.1.2 Geometría del Sistema

Altura del sistema

La altura del sistema de catenaria, definida como la diferencia de cotas del sustentador y de los hilos de contacto en la ménsula o suspensión, podrá adquirir los siguientes valores:

- Altura nominal (trayectos y estaciones) 1400 mm
- Altura en zonas de gálibo reducido (túneles, pasos superiores, etc.) 853, 462, 263 mm
- Altura máxima en seccionamientos 1400 mm

Se adecuarán los vanos a la altura de diseño de forma que se respeten las longitudes de péndola mínima.

El paso de una altura de sistema a otra se realizará intercalando las transiciones necesarias.

Altura de los hilos de contacto

La altura nominal del hilo de contacto respecto al plano de rodadura es el estándar de RAM de 4,75 m.

La altura nominal de 4,75 m se respetará en los tramos a cielo abierto y en el interior del túnel excepto en la estación, donde la altura se reducirá a 4,50 m.

La altura mínima del hilo de contacto se calcula según lo establecido en la metodología de la norma UNE EN 50119 para el caso de catenaria CA-160/3 kV.

La altura de hilo de contacto de 5,3m es compatible con el gálibo GEC16. La altura de la envolvente máxima con el gálibo GEC16 para la plataforma nueva para este proyecto puede calcularse según la siguiente expresión:

$$SE = h_{rc} + \Delta_{hRV} + T_n$$

Donde,

- h_{rc} : Altura del contorno de referencia, según la figura 2.40 de la “Instrucción ferroviaria de gálivos” es de 4,10 m.
- Δ_{hRV} : Desplazamiento perpendicular al plano de rodadura a considerar en la determinación del gálibo de implantación de obstáculos, por inscripción en acuerdos verticales, es de 25 mm.
- T_n : desplazamientos verticales de la vía, es de 20 mm.

Luego, la altura de la envolvente máxima SE es:

$$SE = 4,10 + 0,02 + 0,025 = 4,145 \text{ m}$$

La altura mínima del hilo de contacto con el gálibo GEE10 para la plataforma nueva para este proyecto puede calcularse según la siguiente expresión:

$$H_{minHC} = SE + EC + a_2 + a_3 + a_4$$

Donde,

- EC = distancia de aislamiento eléctrica en el aire, $d = 100$ mm.
- a_2 : tolerancia de la instalación para los desplazamientos descendentes del hilo de contacto. Se aplica el valor del apartado 5.6.1 Valores y tolerancias (5.6 Altura de los hilos de contacto) de la NAE 107 Definición y medida de parámetros geométricos de la LAC (catenaria), es decir, 10 mm.
- a_3 = oscilación dinámica al paso del pantógrafo en el centro del vano. Los valores más desfavorables (diferencia entre el valor previo a la excitación y el valor mínimo de la posición del hilo de contacto) es de 41 mm según simulaciones realizadas por ADIF para catenaria tipo CA-160 (3 kV) con hilos de contacto de 107 mm².

- a4 = efecto del hielo sobre los conductores.

Luego, la altura mínima del hilo de contacto:

$$H_{\min HC} = 4,145 + 0,100 + 0,010 + 0,041 + 0 = 4,296 \text{ m}$$

Por tanto, se establece una altura mínima de diseño de 4,3 m.

Vano

El vano máximo, adoptado es de 50 m en recta, siendo los vanos en curva variables de acuerdo con el radio de la curva, de modo que la flecha máxima sea de 0,15 m.

La diferencia máxima de longitud entre dos vanos consecutivos será de 10 m, siendo de 5 m en la zona de agujas. Esta limitación tiene por objeto limitar el desequilibrio entre las tensiones mecánicas del sustentador e hilos de contacto a ambos lados del apoyo.

Descentramiento

Será de ± 20 cm.

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

Flecha inicial del hilo de contacto

El pendolado estará definido para que el hilo de contacto presente, en su posición estática, una flecha igual a 0,6 ‰ de la longitud del vano.

Pendiente del hilo de contacto

Pendiente máxima, impuesta por la presencia de un paso superior, túnel o paso a nivel será del 2 ‰, no excediendo del 1,5 ‰ entre dos vanos consecutivos y del 1 ‰ en el comienzo y final de la transición.

Se proyectará procurando conseguir una altura constante del hilo de contacto, y realizando las menores transiciones posibles.

5.1.3 Cantón de compensación

En general para este tipo de catenaria, la longitud máxima del cantón de compensación es de 1.200 m, con compensación independiente para el sustentador y los hilos de contacto, a cada lado. En caso de cantones de compensación inferiores a 600 m., las compensaciones se colocarán en un solo extremo, en principio en el sentido de la circulación.

Se proyectará un punto fijo en la mitad del cantón de compensación.

Los seccionamientos se realizarán en 3 vanos si estos son iguales o mayores a 50 m. Para vanos de menor longitud, los seccionamientos se efectuarán en más de 3 vanos.

Los cantones que discurran completamente en el interior del túnel podrán realizarse con catenaria no compensada. En los tramos a cielo abierto, la catenaria deberá ser compensada.

5.1.4 Gálibo

La implantación de todos los elementos de la catenaria debe tener en cuenta la Orden FOM/1630/2015, de 14 de julio, por la que se aprueba la "Instrucción ferroviaria de gálivos".

La distancia entre las caras enfrentadas del poste y el carril más próximo a él será de:

- En recta o curva exterior 1,70 m
- En curva interior 1,70 m
- En curva interior (R<300 m) 1,70 m

5.1.5 Condiciones Ambientales de Funcionamiento

El sistema de LAC 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

5.1.6 Conductores

Serán los siguientes:

- Sustentador Cu de 150 mm² 37/2,3 mm
- Hilo de contacto Cu 107 mm²
- Péndolas Cu extra flexible de 25 mm² de sección
- Cable de tierra Sección 116,2 mm² de Al-acero (LA 110)

Máximo Desgaste Permitido de los Hilos de Contacto

Se adopta un desgaste máximo permitido de los hilos de contacto del 30%.

El hilo de contacto de cobre utilizado tiene una carga mínima de rotura de 3.783 kg, por lo que tensado a 1.050 kg da un coeficiente de seguridad de 2,5, con el 30% de desgaste, que se considera aceptable.

Tensión Mecánica de los Conductores

Serán las siguientes:

- Sustentador 1.425 kg (1397 daN)
- Hilos de contacto 1.050 kgf (1029 daN)

Sistema de Pendolado

Para las catenarias de vías de trayecto y generales de estación:

- Se utilizarán péndolas conductoras del tipo Co6 de Cu extraflexible de 25 mm² de sección, incorporando la grifa G3USHC homologadas para el sustentador y el hilo de contacto.
- El pendolado se realizará por parejas separadas 0,5 m.
- La utilización de péndolas conductoras elimina la necesidad de utilizar alimentaciones del sustentador a los hilos de contacto.
- Cuando por limitaciones de replanteo existan péndolas de longitud reducida pondrán péndolas del tipo Co7.

Separación entre Partes en Tensión Eléctrica y Tierra

- Ambas partes fijas 0,150 m
- Una parte móvil..... 0,250 m
- Línea mínima de fuga de los aisladores 0,300 m

Composición de las Catenarias

Las catenarias de vía general y las que hacen aguja con la catenaria de vía general serán de:

- Un sustentador de Cu de 153 mm² y dos hilos de contacto de Cu de 107 mm².
- Las péndolas serán de cable de Cu extraflexible de 25 mm² de tipo Co6 equipotencial, incorporando la grifa G3USHC.
- No se utilizarán péndolas en Y.

Las vías secundarias se electrificarán con la misma tipología de conductores.

Agujas Aéreas

Las agujas serán del tipo cruzada en el punto P-30.

Aisladores de sección

Todos los aisladores de sección estarán dotados de aislador del tipo barra en sustentador, además de péndolas para su nivelación.

Para catenaria con dos hilos de contacto se usarán aisladores de sección para 2 H.C. Ri 120, de fibra de vidrio PTFE con deflectores de cobre asimétricos (E.T. 03.364.153.1).

Protecciones

Todos los postes dispondrán de una puesta a tierra.

Todos los postes irán unidos mediante cable de tierra de aluminio-acero (LA 110) mediante grapa de suspensión G36U, realizando la toma de tierra como máximo cada 3 km, con resistencia a la difusión menor de 10 Ohm.

Todos los herrajes de los túneles irán unidos también al cable de tierra.

En las tomas de tierra, independientemente de las picas necesarias, una de ellas se considerará como principal que será la más cercana al poste. Esta se encontrará alojada en una arqueta prefabricada de 40 cm x 40 cm x 50 cm preferiblemente de fibra de vidrio con tapa de hormigón.

Se instalarán autoválvulas en todos los cantones, en la proximidad de los puntos fijos.

Asimismo, se dispondrá de descargadores de intervalos en las estaciones.

Se instalarán viseras o vallas de protección en las estructuras situadas por encima de la catenaria y próximas a ella según la norma UNE-EN 50122-1.

Asimismo, se instalarán cantones de protección a la entrada y salida de las estaciones con dos seccionamientos de lámina de aire, para el establecimiento de las correspondientes zonas neutras debiendo llevar dichos seccionamientos los correspondientes seccionadores telemandados.

Seccionadores de catenaria en tramos a cielo abierto

Allí donde corresponda, se montarán seccionadores de apertura en carga según la E.T. 03.364.150.7 con accionamientos telemandados, de acuerdo con la E.T. 03.364.151.5 con autotransformador y timonería completa.

La sección de los cables de energía, en función de la potencia final del equipo instalado, estará adecuada para una caída de tensión máxima de un 5% (Reglamento de Baja Tensión). Los cables de mando y señalización serán del tipo EAPSP, con el número de conductores de 1,5 mm² necesarios según el número de seccionadores a telemandar en cada banda. El cable fiador será de la sección necesaria para soportar los cables de fuerza, mando y señalización.

Seccionadores de catenaria en túneles

En el interior de los túneles se dispondrá de un cuarto donde se instalarán los ruptoseccionadores de catenaria así como el cuadro de control de seccionadores (PLO). Cada ruptor irá alojado en el interior de un armario adecuado a sus características y con los enclavamientos necesarios para permitir un acceso seguro.

Se dispondrán del cableado correspondiente de alimentación y mando y señalización de acuerdo a las características de los mismos.

Asimismo, deberá tenderse el cableado de conexión entre los ruptores y los puntos de conexión a catenaria. Este será del tipo RHZ1-K 1,8/3 kV y se dispondrá por tubo o bandeja en el interior de la estación o perchado al hastial del túnel.

Armario de control de seccionadores catenaria (PLO)

Para el control de los seccionadores de catenaria, se instalará un armario que incorporará toda la electrónica para el control de los mismos.

Este armario incluirá soporte para sistema de control de telemando de seccionadores de catenaria, para hasta 20 seccionadores. Constará de una pantalla y teclado, fuentes de alimentación, electrónica para el control, equipamiento de comunicaciones, equipamiento para conexión a telemando, representación gráfica LAC con posición de seccionadores, software, licencias, sistema de gestión de alarmas, etc.

Dispondrá de tarjeta multiprotocolo de comunicaciones para su relación con el telemando de energía.

5.1.7 Postes y pórticos

En los tramos a cielo abierto se utilizarán postes tipo X o Z normalizados según lo indicado en la NAE-300. Los postes irán anclados a la cimentación mediante pernos.

En casos excepcionales, con gálibo reducido, se podrán instalar también postes tipo PG1 o PG2.

El cable de guarda se tenderá en todo el trayecto, fijado a los postes, mediante los herrajes de suspensión, amarre o anclaje correspondientes.

5.2 Subestaciones eléctricas de tracción

El presente estudio incluye el desmantelamiento de la SET de Zorrotza actual y la ejecución de una nueva en la ubicación definida en el apartado de descripción de la solución adoptada.

La nueva SET cumplirá con la normativa de ADIF. Estará compuesta principalmente por 2 grupos transformador-rectificador de 1.250 kW cada uno.

La alimentación a los servicios auxiliares, alumbrado y fuerza, se realizará desde un transformador de servicios auxiliares, el cual será también de tipo seco y de una potencia de 160 kVA y relación de transformación 30 kV/400V.

Además se dispondrá de un transformador elevador, 0,4/2.200 V para alimentar a la Línea de señales de tráfico.

La subestación tendrá 4 salidas de feeders, 2 por cada vía y lado.

La subestación dispondrá, al menos, de las siguientes salas:

- Dos salas de transformadores de potencia: independientes, con acceso desde el exterior mediante puerta de doble hoja.
- Sala de transformador de servicios auxiliares, independiente, con acceso desde el exterior mediante puerta de doble hoja.
- Sala de equipos con dos puertas de doble hoja para el acceso de equipos.
- Almacén con acceso desde interior de la sala anterior.
- Viales, vallado y accesos

Para facilitar el cableado entre los distintos equipos dentro del edificio se dispondrá de falso suelo en el que se dispondrán las bandejas que sirven de soporte a las conducciones eléctricas.

5.2.1 Equipamiento previsto

La subestación dispondrá del siguiente equipamiento:

- Celdas de corriente alterna 30 kV
 - 2 celdas de entrada de línea
 - 1 celda de protección general
 - 1 celda de medida
 - 2 Celdas de protección de grupo transformador-rectificador
 - 1 celda de protección de transformador de servicios auxiliares
- 2 Transformadores de potencia con doble secundario de 1.315 kVA para grupo rectificador.
- 2 Rectificadores de doble puente de 1.250 kW
- 2 celdas metálicas de seccionador bipolar de rectificador.
- 4 celdas de salida de feeder en c.c. en celdas metálicas desenchufables con seccionador de by-pass.
- 1 celdas de feeder de by-pass

- 1 cabina de retornos.
- 2 bobinas de alisamiento
- 2 conjuntos de filtros de armónicos.
- 1 conjunto de equipos para los Servicios Auxiliares
- 2 Equipos cargadores de baterías 110 Vcc y su conjunto de baterías
- Sistema de control y protecciones
- Equipamiento de arrastres
- Equipamiento de comunicaciones y telemando de energía
- Sistemas auxiliares:
 - Alumbrado y fuerza
 - Detección y extinción de incendios
 - Ventilación y climatización
 - Control de accesos y CCTV.
- Sistema de tierras

El sistema de control automatizado permitirá realizar el control completo de la subestación, mediante procesos manuales, semiautomáticos y automáticos, controlados a voluntad. Pudiéndose efectuar órdenes de mando, cambiar parámetros de ajuste, registrar todos los eventos y alarmas ocurridas, imprimir informes, etc. Todo ello desde un sistema monitorizado a través de sinópticos en varios niveles. Los elementos de la subestación susceptibles de control por PLCs, se agrupan en bloques funcionales:

- Líneas de Llegada
- Equipo de Medición y Control de Energía Servicios Auxiliares en AT Servicios Auxiliares en BT
- Salidas a Líneas de Señalización
- Grupos
- Salidas de Feeders

Cada uno de los bloques, en que se divide la subestación se encuentra controlado por un PLC. Sin embargo, la subestación para el completo control automatizado necesita otros PLCs y PCs para las siguientes tareas:

- PLC Gestor de Protecciones
- PC Puesto de Control Local Centralizado