

Contrato de Concesión No.

Apéndice Técnico 5

Vía Permanente (Superestructura)



Gobernación de
Cundinamarca

Tabla de contenido

Tabla de contenido	2
CAPÍTULO I – DISPOSICIONES GENERALES	4
SECCIÓN 1 – OBJETO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN	4
SECCIÓN 2 – DELIMITACIÓN DE ALCANCE Y RESPONSABILIDAD POR INTERFACES	5
SECCIÓN 3 – ALCANCE DE LA VÍA PERMANENTE	7
SECCIÓN 4 – OBLIGACIÓN DE RESULTADO	9
SECCIÓN 5 – VIDA ÚTIL Y DURABILIDAD	10
SECCIÓN 6 – ENTREGABLES, APROBACIONES Y TRAZABILIDAD DOCUMENTAL	11
CAPÍTULO II – REQUISITOS DE DISEÑO	13
SECCIÓN 7 – PLAN DE EJECUCIÓN DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS	13
SECCIÓN 8 – CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL TRAZADO	14
SECCIÓN 9 – REQUISITOS FUNCIONALES COMUNES A TODOS LOS COMPONENTES	17
SECCIÓN 10 – INTERACCIÓN VÍA-ESTRUCTURA Y TRANSICIONES DE RIGIDEZ	19
SECCIÓN 11 – RIELES	20
SECCIÓN 12 – RIEL CONTINUO SOLDADO, SOLDADURAS Y LIBERACIÓN DE TENSIONES	21
SECCIÓN 13 – INTERACCIÓN RUEDA-RIEL Y GESTIÓN DEL RIEL	23
SECCIÓN 14 – APARATOS DE VÍA	24
SECCIÓN 15 – APARATOS DE DILATACIÓN	29
SECCIÓN 16 – TRAVIESAS, FIJACIONES Y PLACAS DE ASIENTO	30
SECCIÓN 17 – VÍA SOBRE BALASTO	31
SECCIÓN 18 – VÍA EN PLACA	32
SECCIÓN 19 – VÍA EMBEBIDA, PASOS A NIVEL Y REVESTIMIENTOS DE PLATAFORMA	33
SECCIÓN 20 – DRENAJE DE LA VÍA Y DE LA PLATAFORMA	34
SECCIÓN 21 – AISLAMIENTO ELÉCTRICO, RETORNO DE CORRIENTE Y CORRIENTES VAGABUNDAS	35
SECCIÓN 22 – CONTROL DE RUIDO Y VIBRACIONES EN LA VÍA	36
SECCIÓN 23 – DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD Y PROTECCIÓN DE LA VÍA	37
SECCIÓN 24 – VÍAS DEL PATIO TALLER Y VÍAS DE SERVICIO	38
SECCIÓN 25 – CALIDAD GEOMÉTRICA DE VÍA: NIVELES DE CONTROL	39
SECCIÓN 26 – SEÑALIZACIÓN FIJA DE VÍA, HITOS Y REFERENCIAS TOPOGRÁFICAS	41

SECCIÓN 27 – ACCESIBILIDAD PARA MANTENIMIENTO Y CAMINOS DE SERVICIO	42
SECCIÓN 28 – RAMS, RESILIENCIA Y SEGURIDAD DE LA VÍA	43
CAPÍTULO III – REQUISITOS DE EJECUCIÓN	43
SECCIÓN 29 – PRINCIPIOS GENERALES DE EJECUCIÓN	43
SECCIÓN 30 – CONTROL DE MATERIALES, COMPONENTES Y TRAZABILIDAD	44
SECCIÓN 31 – PROCESOS CRÍTICOS DE EJECUCIÓN	45
SECCIÓN 32 – EJECUCIÓN DE VÍA SOBRE BALASTO	46
SECCIÓN 33 – EJECUCIÓN DE VÍA EN PLACA	47
SECCIÓN 34 – EJECUCIÓN DE VÍA EMBEBIDA Y PASOS A NIVEL	48
SECCIÓN 35 – TOLERANCIAS DE CONSTRUCCIÓN Y RECEPCIÓN GEOMÉTRICA	48
SECCIÓN 36 – CONTROL DE CALIDAD EN OBRA Y NO CONFORMIDADES	49
SECCIÓN 37 – PRUEBAS, ENSAYOS Y PUESTA EN SERVICIO DE LA VÍA	50
SECCIÓN 38 – DOCUMENTACIÓN AS-BUILT E INVENTARIO DE ACTIVOS	52
SECCIÓN 39 – CONTROL DE LA GEOMETRÍA Y CALIDAD DE VÍA EN EXPLOTACIÓN	52
SECCIÓN 40 – INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA VÍA	53
SECCIÓN 41 – GESTIÓN DE DEFECTOS	55
SECCIÓN 42 – GESTIÓN DE ACTIVOS, RENOVACIÓN Y REPOSICIÓN	56
SECCIÓN 43 – REPUESTOS, MAQUINARIA DE VÍA Y CAPACIDAD DE INTERVENCIÓN	57
SECCIÓN 44 – GESTIÓN DE OBSOLESCENCIA	58
SECCIÓN 45 – INDICADORES DE DESEMPEÑO DE LA VÍA	58
SECCIÓN 46 – CONDICIONES DE REVERSIÓN DE LA VÍA	59
CAPÍTULO IV – ANEXO A – SECCIONES TIPO Y SECTORIZACIÓN REFERENCIAL	59

CAPÍTULO I – DISPOSICIONES GENERALES

SECCIÓN 1 – OBJETO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN

- 1.1 El presente Apéndice Técnico establece las obligaciones y los requisitos funcionales, técnicos y de desempeño aplicables a la Vía Permanente del Proyecto, incluyendo su diseño, construcción, integración, pruebas, puesta en servicio, operación, mantenimiento, renovación, reposición y reversión durante toda la vigencia de la Concesión.
- 1.2 El presente Apéndice define, en particular, los criterios de diseño geométrico y de calidad geométrica de vía, las tolerancias de construcción y de recepción, los parámetros de control de la calidad geométrica en explotación, los criterios de aceptación y las condiciones de desempeño exigidas durante todo el ciclo de vida del sistema.
- 1.3 El ámbito de aplicación del presente Apéndice comprende la totalidad de la Vía Permanente del Proyecto, incluyendo: a) la vía general en ambos sentidos de circulación a lo largo del corredor; b) las vías de estacionamiento, maniobra, seguridad y contingencia; c) las vías del Patio Taller y sus conexiones con la vía general; d) las vías de acceso y servicio a predios contiguos al corredor, cocheras y talleres; y e) los aparatos de vía asociados a todas ellas.
- 1.1 Las conexiones con instalaciones ferroviarias particulares, apartaderos o vías de terceros que resulten del Apéndice Técnico 1 forman parte del alcance del presente Apéndice en la parte que se ejecute dentro de la Franja de Proyecto, con sus aparatos de vía y elementos asociados.
- 1.4 El presente Apéndice establece requisitos mínimos. En consecuencia, el Concesionario será responsable de desarrollar todos los elementos, componentes, sistemas auxiliares y soluciones técnicas necesarias para garantizar el cumplimiento de los resultados exigidos por el Contrato, aun cuando éstos no se encuentren expresamente descritos en el presente Apéndice.
- 1.5 El cumplimiento literal de los requisitos mínimos del presente Apéndice no libera al Concesionario de su obligación de resultado. Cuando el Concesionario identifique que un requisito mínimo resulta insuficiente para alcanzar el desempeño exigido por el Contrato en

las condiciones específicas de un tramo, deberá advertirlo por escrito a la Interventoría y adoptar, por su cuenta y riesgo, la solución que garantice el resultado.

1.2 El alcance mínimo obligatorio del Proyecto es el establecido en el Apéndice Técnico 1 – Alcance del Proyecto. El presente Apéndice desarrolla los requisitos técnicos, funcionales y de desempeño de la Vía Permanente sin reducir, limitar ni modificar dicho alcance. En caso de contradicción entre el presente Apéndice y el Apéndice Técnico 1, prevalecerá lo dispuesto en el Apéndice Técnico 1.

1.3 Conforme al Apéndice Técnico 1, la Vía Permanente se desarrollará en doble vía continua a lo largo de la totalidad del corredor, con una longitud aproximada de 48,9 km entre el PK 0+000 y el PK 48+904 de las abscisas referenciales de proyecto, dando servicio a diecisiete (17) estaciones de pasajeros y a dos (2) patios-talleres principales. El tramo comprendido entre la estación Carrera 68 y la estación CIM Norte tiene la condición de Sistema Ferroviario Segregado y el corredor cuenta con cerramiento continuo en el cien por ciento (100 %) de su trazado.

1.6 La tipología de superestructura podrá variar por tramo o sector en función de las condiciones del corredor, del entorno urbano atravesado, de la estructura de soporte de las condiciones ambientales, geotécnicas e hidráulicas, de las necesidades de drenaje, de los requerimientos de operación y mantenimiento y de las exigencias ambientales y vibroacústicas aplicables.

SECCIÓN 2 – DELIMITACIÓN DE ALCANCE Y RESPONSABILIDAD POR INTERFACES

2.1 La Vía Permanente objeto del presente Apéndice comprende, como mínimo, los siguientes elementos:

- a) rieles y perfiles ferroviarios, incluidos contrarieles y rieles de protección;
- b) traviesas, bloques, soportes de riel y sus elementos de apoyo;
- c) sistemas de fijación, placas de asiento, suelas elásticas y elementos de sujeción;
- d) balasto, subbalasto en su condición de capa de apoyo de la vía, y sistemas de vía en placa, según tipología;

- e) aparatos de vía y sus componentes, incluidos los sistemas de accionamiento, calefacción, engrase y detección asociados a la vía;
- f) aparatos de dilatación;
- g) elementos de aislamiento eléctrico de la vía, juntas aislantes y conexiones de retorno de corriente de tracción en su interfaz con el riel;
- h) sistemas y elementos de mitigación vibroacústica integrados en la vía;

2.2 Las pantallas acústicas y los demás elementos de mitigación de ruido no integrados en la vía no forman parte del presente Apéndice y se rigen por el Apéndice Técnico 11, sin perjuicio de la obligación del Concesionario de integrar unos y otros en una única solución de mitigación.

- a) toperas, dispositivos de fin de vía, dispositivos de retención y encarriladores, y demás dispositivos de protección contra el descarrilamiento;
- b) revestimientos de plataforma en tramos embebidos y pasos a nivel, en su interfaz con el riel;
- c) dispositivos de drenaje propios de la vía, incluidos los de la garganta del riel y los de los aparatos de vía;
- d) señalización fija de vía, hitos kilométricos, referencias topográficas de mantenimiento y placas de identificación de activos; y

2.3 Las balizas y los demás elementos del sistema de señalización, control y protección de trenes no forman parte de la Vía Permanente y se rigen por el Apéndice Técnico 10. El Concesionario deberá prever en la vía los soportes, espacios, ductos y condiciones de fijación necesarios para su instalación y mantenimiento, conforme a la Matriz de Interfaces.

- a) todos los elementos auxiliares necesarios para garantizar el desempeño del sistema.

2.4 Los requisitos asociados a la infraestructura civil que soporta la vía, incluyendo plataforma, capa de forma, estructuras, obras de contención, obras geotécnicas e hidráulicas, se desarrollan en el Apéndice Técnico 4. Se entienden igualmente comprendidas en dicho Apéndice las obras civiles necesarias para el alojamiento de las redes de señalización, telecomunicaciones y demás sistemas ferroviarios e inteligentes de transporte, tales como ducterías, cámaras y cajas de paso, sin perjuicio de la obligación del Concesionario de prever en la vía las interfaces y los espacios necesarios para su instalación.

- 2.5 Las disposiciones de los distintos Apéndices Técnicos deberán interpretarse de forma complementaria y no fragmentaria. El Concesionario es responsable del desempeño integral del sistema ferroviario.
- 2.6 La existencia de interfaces entre la infraestructura civil, la Vía Permanente, los sistemas ferroviarios y el Material Rodante no limitará ni fragmentará la responsabilidad del Concesionario respecto del cumplimiento de los resultados operacionales, funcionales y de desempeño establecidos en el Contrato.
- 2.7 Ante cualquier deficiencia de desempeño del sistema, incluyendo niveles de ruido o vibración excedentes, desgaste prematuro del riel, degradación acelerada de la calidad geométrica o indisponibilidad de aparatos de vía, corresponderá al Concesionario identificar la causa raíz y ejecutar la solución, con independencia de que dicha causa se clasifique técnicamente como obra civil, vía permanente, sistemas o material rodante. El Concesionario no podrá invocar el reparto de materias entre Apéndices Técnicos como causa de exoneración.
- 2.8 De acuerdo con el Apéndice Técnico 18, el Concesionario deberá desarrollar y mantener actualizada una Matriz de Interfaces de la Vía Permanente, que identifique como mínimo las interfaces con obra civil, energía y catenaria, señalización y control, telecomunicaciones, material rodante, estaciones y patio taller, con indicación de los requisitos aplicables, los entregables de verificación y los responsables.

SECCIÓN 3 – ALCANCE DE LA VÍA PERMANENTE

- 3.1 El alcance mínimo de la Vía Permanente del Proyecto es el indicado en la siguiente.

Tabla 1. Alcance mínimo de la Vía Permanente

Componente	Alcance mínimo
Vía doble en balasto, incluyendo capa de subbalasto, formación de la capa de balasto, disposición de traviesas, colocación, fijación y soldadura de riel	En los tramos del corredor con esta tipología, conforme a la sectorización referencial del ANEXO A
Vía doble en balasto enmarcado, incluyendo capa de subbalasto, confinamiento lateral, formación de la capa de balasto, disposición de traviesas, colocación, fijación y soldadura de riel	En los tramos del corredor con esta tipología, conforme a la sectorización referencial del ANEXO A

Componente	Alcance mínimo
Vía doble en placa (con revestimiento en concreto o césped), incluyendo formación de losa o elemento estructural de soporte, colocación, fijación y soldadura de riel	En los tramos del corredor con esta tipología, conforme a la sectorización referencial del ANEXO A
Vía embebida y vía en pasos a nivel, incluidos los revestimientos de plataforma en su interfaz con el riel	En los tramos y cruces que resulten del Diseño de Detalle
Vías del Patio Taller, vías de estacionamiento, maniobra, seguridad y contingencia	Conforme al programa de explotación y al dimensionamiento de flota del Concesionario, y como mínimo lo previsto en el Apéndice Técnico y los demás Apéndices
Aparatos de vía en vía general y vías de servicio	Las necesarias para el cumplimiento del Plan Operacional del proyecto
Aparatos de dilatación	Los que resulten del análisis de interacción vía–estructura
Sistemas de mitigación vibroacústica en vía	Los que resulten del estudio de ruido y vibraciones
Toperas y dispositivos de fin de vía, dispositivos de protección contra el descarrilamiento	Los que resulten del análisis de riesgos, y como mínimo en todos los fondos de saco, vías de seguridad y accesos a estructuras singulares
Elementos de aislamiento eléctrico, retorno de corriente de tracción y control de corrientes vagabundas en su interfaz con la vía	La totalidad del corredor y de las vías de servicio

3.2 Las cantidades indicadas en la anterior tienen carácter mínimo. No constituyen un listado limitativo del alcance ni un límite a la responsabilidad del Concesionario, ni podrán invocarse como fundamento de reclamación económica o de plazo cuando el Diseño de Detalle determine cantidades superiores.

3.3 El Concesionario deberá suministrar, instalar, probar, poner en servicio y mantener la totalidad de los componentes de la Vía Permanente necesarios para alcanzar los requisitos funcionales, operacionales, de seguridad, capacidad, disponibilidad, mantenibilidad y desempeño establecidos en el Contrato, aun cuando no se encuentren expresamente enumerados en la anterior.

3.4 La Vía Permanente deberá concebirse, diseñarse, ejecutarse y mantenerse como un sistema integrado que soporte la operación ferroviaria prevista durante toda la vigencia de la Concesión.

SECCIÓN 4 – OBLIGACIÓN DE RESULTADO

- 4.1 Las obligaciones establecidas en el presente Apéndice constituyen obligaciones de resultado, bajo la responsabilidad integral y exclusiva del Concesionario.
- 4.2 Corresponderá al Concesionario desarrollar, bajo su exclusiva cuenta y riesgo, las soluciones de ingeniería necesarias para garantizar el cumplimiento de los requisitos funcionales, operacionales, estructurales, ambientales, de seguridad, disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad y vida útil establecidos en el Contrato y en los Apéndices Técnicos.
- 4.3 Las soluciones adoptadas deberán ser informadas y sustentadas técnicamente por escrito ante la Interventoría, así como incorporadas en el entorno común de información de que trata el Apéndice Técnico 3, como parte de los Estudios y Diseños correspondientes. La Interventoría verificará el cumplimiento de los requisitos formales, técnicos y de completitud aplicables y emitirá su No Objeción cuando corresponda, sin que esta constituya un aval técnico de la solución, exonere al Concesionario de su obligación de resultado o transfiera responsabilidad alguna a la Interventoría o a la EFR.
- 4.4 Salvo cuando el Contrato o el presente Apéndice establezcan expresamente una solución obligatoria, el Concesionario tendrá libertad para definir las soluciones técnicas específicas, los métodos constructivos, los procesos y los materiales, siempre que acredite el cumplimiento de los requisitos aplicables y obtenga la no objeción de la Interventoría cuando ésta se exija.
- 4.5 La libertad de diseño no limita ni reduce la responsabilidad integral del Concesionario respecto del cumplimiento de los resultados exigidos por el Contrato.
- 4.6 El cumplimiento de requisitos específicos establecidos en el presente Apéndice no exime al Concesionario de su responsabilidad de garantizar el desempeño global del sistema. Si el sistema resultante no alcanza los niveles de seguridad, disponibilidad, capacidad o calidad exigidos, el Concesionario deberá implementar, por su cuenta y riesgo, las soluciones, componentes o refuerzos adicionales necesarios.

4.7 La verificación del cumplimiento de la obligación de resultado se realizará sobre el comportamiento real del sistema, mediante los ensayos y pruebas de puesta en servicio, las mediciones de calidad geométrica de que trata el Apéndice Técnico 17.

SECCIÓN 5 – VIDA ÚTIL Y DURABILIDAD

5.1 El Concesionario deberá diseñar la Vía Permanente considerando vidas útiles compatibles con la duración de la Concesión, con los requisitos de reversión y con las mejores prácticas internacionales aplicables a infraestructura ferroviaria de pasajeros.

5.2 Los valores de vida útil de diseño indicados en la Tabla siguiente constituyen mínimos de referencia para el dimensionamiento de los componentes. Su indicación no limita la obligación del Concesionario de mantener el desempeño exigido durante toda la vigencia de la Concesión, ni de sustituir cualquier componente que haya perdido su aptitud funcional antes de agotar su vida útil nominal.

Tabla 2. Vidas útiles mínimas de diseño de los componentes de la Vía Permanente

Componente	Vida útil mínima de diseño	Referencia
Rieles y componentes estructurales principales de los aparatos de vía	30 años	EN 13674-1; EN 13232
Traviesas de hormigón	50 años	EN 13230
Sistemas de fijación y elementos elásticos	20 años	EN 13481; EN 13146
Plataforma ferroviaria en vía sobre balasto, incluidas capa de forma y subbalasto	60 años	
Losa estructural y elementos permanentes de la vía en placa	50 años	Apéndice Técnico 2; Apéndice Técnico 4
Balasto (hasta depuración o renovación)	15 años	EN 13450
Revestimientos de plataforma en tramos embebidos y pasos a nivel	20 años	Recomendaciones de fabricantes y especificaciones de conservación

5.3 Los valores de la Tabla anterior se entienden sin perjuicio de la sustitución periódica de los componentes sujetos a desgaste conforme al Plan de Mantenimiento y a las recomendaciones del fabricante.

- 5.4 Cuando la vida útil de diseño de un componente exceda el plazo de la Concesión, dicho valor se aplicará como criterio de dimensionamiento y de selección de materiales, y determinará las condiciones de vida útil remanente exigibles en la reversión.
- 5.5 El Concesionario será responsable de definir la vida útil de cada componente del sistema y de implementar las estrategias de mantenimiento, renovación y sustitución necesarias para garantizar el cumplimiento continuo de los requisitos de desempeño, sin que en ningún caso pueda adoptar valores inferiores a los mínimos de la Tabla anterior.
- 5.6 El Concesionario deberá documentar y justificar técnicamente los mecanismos de deterioro considerados para las condiciones específicas del Proyecto, incluyendo las derivadas de la altitud, del régimen térmico y pluviométrico del corredor y de la agresividad química del entorno. El fallo prematuro de un componente atribuible a una selección de materiales inadecuada, a un defecto de ejecución o a un mantenimiento insuficiente será corregido por cuenta y riesgo del Concesionario.
- 5.7 Cuando el Concesionario proponga un diseño propio de traviesa, fijación o componente equivalente no acreditado previamente en un sistema ferroviario en explotación, deberá aportar la validación de dicho diseño por un organismo de certificación independiente acreditado, incluyendo los ensayos de tipo exigidos por la norma aplicable, como condición previa a su fabricación en serie.

SECCIÓN 6 – ENTREGABLES, APROBACIONES Y TRAZABILIDAD DOCUMENTAL

- 6.1 Con carácter previo al inicio de los Estudios y Diseños de la Vía Permanente, el Concesionario y la Interventoría acordarán una metodología de presentación y revisión de entregables, que definirá como mínimo, sin perjuicio de lo establecido en el contrato,:
- a) el contenido mínimo y el nivel de desarrollo de cada entregable;
 - b) los formatos y soportes de entrega, incluidos los requisitos BIM del Apéndice Técnico 3;
 - c) el procedimiento y los plazos de revisión;
 - d) el tratamiento de observaciones y reiteraciones; y
 - e) los criterios de cierre.
- Dicha metodología se someterá a no objeción de la Interventoría y no modificará los requisitos técnicos del presente Apéndice.

6.2 Los entregables mínimos asociados a la Vía Permanente y su oportunidad de presentación son los indicados en la Tabla siguiente.

Tabla 3. Entregables mínimos de la Vía Permanente

Entregable
Criterios y bases de diseño de la Vía Permanente
Diseño geométrico del trazado y de la vía
Estudio de interacción vía–estructura
Estudio de interacción rueda–riel (VTI)
Estudio de ruido y vibraciones y definición de medidas de mitigación en vía
Plan de Soldadura
Plan de Calidad de vía y Planes de Inspecciones y Pruebas Preliminares (PIPP)
Matriz de Criticidad de Aparatos de Vía
Plan de Gestión del Riel
Valores de aceptación, alerta e intervención de calidad geométrica
Inventario de activos de vía y documentación as-built
Registros de calidad geométrica en explotación
Matriz de Interfaces de la Vía Permanente
Sistema de Gestión de Defectos de la Vía Permanente

- 6.3 Los entregables de la Tabla 3 deberán presentarse con antelación suficiente para permitir su revisión y, cuando proceda, la No Objeción de la Interventoría antes del inicio de la actividad que condicionan. La presentación tardía no habilitará el inicio de la actividad ni justificará ampliación de plazo. La oportunidad del estudio de ruido y vibraciones deberá ser coherente, además, con los plazos del apéndice ambiental y de su anexo.
- 6.4 La no objeción de la Interventoría a cualquiera de los entregables anteriores no exime al Concesionario de su responsabilidad respecto del diseño, la ejecución y el desempeño de la Vía Permanente.
- 6.5 El Concesionario deberá mantener la totalidad de la información de la Vía Permanente en el entorno común de datos del Proyecto, conforme al Apéndice Técnico 3, de modo que sea trazable, auditable y accesible en todo momento por la EFR y por la Interventoría.
- 6.6 Toda la documentación técnica de la Vía Permanente deberá encontrarse referenciada al sistema de coordenadas oficial del Proyecto y a la abscisa de referencia del corredor, de forma consistente con el Apéndice Técnico 1 y con el modelo BIM.

CAPÍTULO II – REQUISITOS DE DISEÑO

SECCIÓN 7 – PLAN DE EJECUCIÓN DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS

- 7.1 Con carácter previo al inicio de las actividades de diseño reguladas en el presente Capítulo, el Concesionario deberá elaborar y presentar a la Interventoría un Plan de Ejecución de los Estudios y Diseños de la Vía Permanente, de acuerdo con lo establecido en el Apéndice Técnico 8.
- 7.2 El Plan deberá identificar y programar las actividades, estudios, análisis, modelos, verificaciones y entregables necesarios para acreditar el cumplimiento de los requisitos establecidos en el presente Capítulo, indicando, como mínimo, su alcance, secuencia, dependencias, responsables, interfaces y fechas previstas de presentación.
- 7.3 La programación deberá ser coherente con el Plan de Ejecución o con el instrumento de programación general del Proyecto que resulte aplicable, así como con los requisitos establecidos en el Apéndice Técnico 3 y 8. El Plan deberá someterse a la No Objeción de la

Interventoría y mantenerse actualizado durante el desarrollo de los Estudios y Diseños, sin que dicha No Objeción modifique los plazos, hitos o responsabilidades establecidos en el Contrato.

SECCIÓN 8 – CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL TRAZADO

- 8.1 Los parámetros de diseño del sistema ferroviario indicado en el Apéndice Técnico 4, deberán ser considerados por el Concesionario en el desarrollo de los Estudios y Diseños de la Vía Permanente.
- 8.2 Sin perjuicio de lo establecido en el Apéndice Técnico 2, el diseño geométrico del trazado deberá desarrollarse conforme a la norma EN 13803 AREMA o estándar internacional equivalente reconocido en LRT (siglas en inglés Light rail Transit), y deberá ser coherente con las características del Material Rodante seleccionado, con el programa de explotación y con los requisitos de confort del Apéndice Técnico 15.
- 8.3 En planta, el trazado se compondrá de una sucesión de alineaciones rectas y curvas circulares enlazadas mediante curvas de transición de curvatura lineal (clotoides), en las que se desarrollarán las transiciones de peralte. En las vías del Patio Taller y en vías de servicio recorridas a velocidad reducida y con material rodante descargado se admitirá el trazado sin curva de transición, previa justificación.
- 8.4 En alzado, el trazado se compondrá de una sucesión de alineaciones de pendiente constante enlazadas mediante acuerdos verticales parabólicos.
- 8.5 El Concesionario deberá respetar los valores de la Tabla 4, entendiéndose por:
- a) valor límite normal: aquel que no debe superarse en condiciones normales de diseño dentro del rango de velocidades admisible.
 - b) valor límite excepcional: valor extremo que puede adoptarse únicamente cuando concurren circunstancias singulares debidamente acreditadas. Su uso deberá limitarse tanto como sea posible y requerirá justificación escrita del Concesionario y no objeción previa de la Interventoría antes de continuar con los Estudios y Diseños del tramo afectado.

Tabla 4. Parámetros de diseño geométrico del trazado

Parámetro	Unidad	Valor normal	Valor excepcional
Velocidad de diseño en vía general	km/h	80	—
Velocidad de diseño en tramo urbano	km/h	80	Acorde a radios reducidos
Velocidad mínima de diseño en tramo rural	km/h	80	Acorde a radios reducidos
Radio mínimo en vía general	m	400	330
Radio mínimo en vías de servicio y Patio Taller	m	50	25 (patio taller)
Peralte máximo en vía sobre balasto	mm	100	—
Peralte máximo en vía en placa	mm	100	—
Insuficiencia de peralte máxima	mm	100	130
Exceso de peralte máximo	mm	70	110
Aceleración transversal sin compensar	m/s ²	0,65	0,85
Sobreaceleración (variación de la aceleración sin compensar)	m/s ³	0,40	0,60
Rampa de peralte	mm/m	2,0	3,0
Longitud mínima de alineación recta entre curvas de sentido contrario	m	V/2 (V en km/h)	10
Longitud mínima de curva circular	m	V/2 (V en km/h)	10
Pendiente máxima en vía general	%	4,0	5,0
Pendiente máxima en vías de servicio y Patio Taller	%	1,0	2,5
Pendiente en vías de estacionamiento y de mantenimiento	%	0	0,15
Radio mínimo de acuerdo vertical en vía general	m	500	500
Radio mínimo de acuerdo vertical en andén	m	3.000	—
Radio horizontal mínimo en andén	m	700	—
Aceleración vertical máxima en acuerdos	m/s ²	0,22	—
Ancho de vía (trocha)	mm	1.435	—

Parámetro	Unidad	Valor normal	Valor excepcional
Distancia entre ejes de vía (entrevía) en vía general	mm	3.650	Según estudio de gálibos

- 8.6 Los valores de radio mínimo de la Tabla 4 son coherentes con la velocidad de diseño y con los límites de peralte e insuficiencia de peralte establecidos. Toda curva de radio inferior al mínimo normal implicará una limitación permanente de velocidad, que deberá quedar expresamente identificada en el diseño, incorporada al programa de explotación y justificada frente a los tiempos de viaje exigidos por el Contrato.
- 8.7 El Concesionario podrá adoptar velocidades de diseño superiores siempre que se mantengan o mejoren los demás Parámetros Básicos de Diseño.
- 8.8 El diseño geométrico deberá verificar, para cada curva, la compatibilidad simultánea de radio, peralte, insuficiencia de peralte, longitud de transición y rampa de peralte, así como el cumplimiento de los criterios de seguridad frente al descarrilamiento y de confort aplicables. Evitar diseñar la combinación de curvas horizontales y verticales en un mismo segmento, cuando el diseño a superponer ambas geometrías, la recomendación técnica ideal es que coincidan plenamente en su longitud y puntos de inicio-fin o que la curva vertical este enteramente dentro de los límites de la curva horizontal (incluyendo sus espirales o transiciones)
- 8.9 El trazado deberá evitar la coincidencia de curvas de transición con aparatos de vía, con juntas de dilatación de estructuras y con zonas de transición de rigidez, salvo justificación técnica expresa y no objeción de la Interventoría.
- 8.10 El emplazamiento de los aparatos de vía deberá respetar, como mínimo: a) la disposición del aparato completo en alineación recta y con pendiente constante, salvo que el fabricante acredite un comportamiento equivalente en otra configuración; b) longitudes mínimas de recta antes y después del aparato compatibles con la velocidad de talón y de desvío; y c) la no interferencia con juntas estructurales, aparatos de dilatación y zonas de transición de rigidez.
- 8.11 El diseño deberá garantizar el cumplimiento de los gálibos aplicables al Proyecto, incluidos el gálibo cinemático del Material Rodante, el gálibo eléctrico asociado al sistema

de 1.500 V CC y el gálibo libre de obstáculos, incluidas las sobreanchuras en curva. Los valores de gálibo aplicables son los establecidos en el Apéndice Técnico 1 y en el Apéndice Técnico 4; la Vía Permanente deberá diseñarse de forma que los preserve en toda condición de carga, desgaste y tolerancia de montaje.

- 8.12 El diseño geométrico deberá estar referenciado al sistema único de referencia geodésica y de coordenadas del Proyecto, de conformidad con lo establecido en el Apéndice Técnico 3 , y ser consistente para la totalidad del corredor, incluidos los tramos en jurisdicción del Distrito Capital y de los municipios de Cundinamarca.
- 8.13 El diseño geométrico deberá incorporar la definición de la entrevía en cada tipología de sección, verificando la compatibilidad con los gálibos, con la implantación de postes de catenaria, con los caminos de servicio y con las condiciones de evacuación y rescate establecido en el Contrato y sus Apéndices.
- 8.14 El ancho de vía, la entrevía en vía general y el gálibo horizontal mínimo incorporados a la Tabla 4 son los fijados por la tabla de parámetros básicos de diseño del Apéndice Técnico 1 y no son modificables por el Concesionario.

SECCIÓN 9 – REQUISITOS FUNCIONALES COMUNES A TODOS LOS COMPONENTES

9.1 Los componentes de la Vía Permanente deberán:

- a) resistir las solicitaciones del Material Rodante en operación, construcción y mantenimiento, en toda condición de marcha, carga, adherencia y clima predecible, guiándolo con seguridad en la vía general y en las vías de servicio;
- b) resistir las solicitaciones de la circulación vial en los pasos a nivel y en los tramos embebidos franqueables;
- c) resistir las cargas normales, excepcionales y de largo plazo, incluida la fatiga;
- d) contribuir al cumplimiento de los requisitos del sistema en materia de vibración, confort dinámico, acústica y limitación de corrientes vagabundas aplicable;
- e) permitir los cambios y cruces de itinerario previstos por la explotación;

- f) impedir, tras una deriva del Material Rodante, su salida de la plataforma, en particular en fondos de saco, sobre estructuras, en curvas de radio reducido y en las proximidades de edificaciones y de vías públicas;
- g) presentar características fisicoquímicas estables durante su vida útil, con resistencia a la radiación ultravioleta, a la intemperie, a hidrocarburos, aceites, grasas, ácidos diluidos y asfalto, y ser químicamente neutros y no contaminantes;
- h) mantener su desempeño bajo condiciones de explotación desfavorables previsibles, incluyendo frenado de emergencia con baja adherencia, precipitación intensa, acumulación de agua o sedimentos en la vía y oscilación térmica extrema del corredor; y
- i) permitir su inspección, mantenimiento, sustitución parcial y renovación sin demolición estructural y sin comprometer la disponibilidad exigida por el Contrato.

9.2 El dimensionamiento de la Vía Permanente deberá considerar: a) el servicio de pasajeros previsto y su evolución hasta el año horizonte; b) la velocidad comercial y de diseño por tramos; c) la carga por eje del Material Rodante; d) las cargas de los trenes y vehículos de construcción y mantenimiento; e) el tonelaje bruto acumulado (MGT) a lo largo de la vida útil; f) el tráfico vial en pasos a nivel y su evolución estimada; y g) la capacidad portante y resistencia mecánica de la infraestructura de soporte.

9.3 El dimensionamiento estructural de la Vía Permanente y de sus componentes se verificará para una carga por eje no inferior a 12,5 toneladas, conforme al Apéndice Técnico 1, sin perjuicio de la condición de carga máxima del Material Rodante seleccionado conforme al Apéndice Técnico 15 y de las cargas de construcción y mantenimiento aplicables.

9.4 El dimensionamiento deberá acoplarse con los elementos que inciden en la calidad del contacto rueda–riel, incluyendo perfil, metalurgia y diseño de las ruedas, sistema de suspensión, cadena de tracción, rugosidad del riel, rigidez de soportes y fijaciones, y tipología de montaje de vía.

9.5 El dimensionamiento de los elementos de la Vía Permanente deberá considerar los riesgos climáticos identificados y las proyecciones climáticas aplicables al corredor, incluidos los efectos asociados a temperaturas extremas, precipitaciones intensas, inundaciones y demás

eventos climáticos relevantes, con el fin de garantizar la seguridad, funcionalidad y resiliencia de la infraestructura durante su vida útil.

9.6 El diseño deberá considerar igualmente la acción sísmica conforme al Apéndice Técnico 4 y a la Ley Aplicable, verificando el comportamiento de la vía y de sus elementos de sujeción y anclaje frente a los desplazamientos y aceleraciones de diseño, así como las condiciones de inspección y reposición del servicio tras un evento sísmico.

9.7 El Concesionario deberá acreditar, mediante ensayos de tipo y ensayos de envejecimiento acelerado cuando la norma aplicable los prevea, la aptitud de los materiales y componentes en las condiciones ambientales específicas del corredor, con carácter previo a su instalación en serie.

SECCIÓN 10 – INTERACCIÓN VÍA–ESTRUCTURA Y TRANSICIONES DE RIGIDEZ

10.1 El Concesionario deberá realizar el análisis de interacción vía–estructura para la totalidad de la plataforma ferroviaria, con independencia de la tipología de vía y de la naturaleza de la estructura de soporte, de conformidad con las normas EN 1991-2 y UIC 774-3, o estándar internacional equivalente reconocido, y en coherencia con el Apéndice Técnico 2 y el Apéndice Técnico 4.

10.2 Con base en dicho análisis, el Concesionario deberá:

- a) verificar el cumplimiento de los límites admisibles de tensiones adicionales en el riel por efecto de la interacción;
- b) verificar los desplazamientos relativos entre vía y estructura, en particular en juntas y extremos de tablero;
- c) verificar las deformaciones y giros de la estructura bajo carga ferroviaria y su compatibilidad con la calidad geométrica exigida;
- d) determinar la necesidad, ubicación, tipología y carrera de los aparatos de dilatación; y
- e) definir las longitudes dilatables, los puntos fijos y las disposiciones constructivas asociadas.

10.3 El Concesionario deberá diseñar zonas de transición de rigidez vertical en todo cambio de tipología de vía (balasto a placa y viceversa), en las aproximaciones a estructuras

(puentes, viaductos, marcos, deprimidos y alcantarillas), en los accesos a aparatos de vía y en los cambios de sección de la plataforma, de forma que la variación de la rigidez de apoyo sea gradual y se controlen el asentamiento diferencial, la degradación acelerada de la vía y la pérdida de confort.

- 10.4 El diseño de las zonas de transición constituirá un entregable específico del Diseño de Detalle y deberá justificarse mediante modelación numérica que acredite: a) la variación gradual de la rigidez vertical dentro de los rangos admisibles; b) la limitación de los incrementos dinámicos de carga; y c) la compatibilidad con las tolerancias de calidad geométrica exigidas en explotación.
- 10.5 El Concesionario deberá definir los rangos de rigidez vertical de apoyo admisibles para cada tipología de vía y acreditar su cumplimiento en obra mediante mediciones representativas, dejando registro de los resultados en el inventario de activos.
- 10.6 Las zonas de transición deberán ser accesibles para su inspección y permitir la corrección de asentamientos diferenciales sin afectar la disponibilidad del sistema.

SECCIÓN 11 – RIELES

- 11.1 El Concesionario deberá emplear como perfil principal riel tipo Vignole conforme a la norma EN 13674-1.
- 11.2 El uso de riel de garganta conforme a la norma EN 14811 se admitirá únicamente en tramos de vía embebida y en pasos a nivel, cuando la solución adoptada así lo requiera.
- 11.3 El número de perfiles de riel distintos empleados en el Proyecto deberán minimizarse, con el objeto de optimizar la logística, la gestión de repuestos y el coste de ciclo de vida del mantenimiento. Todo perfil adicional deberá justificarse técnicamente ante la Interventoría.
- 11.4 Los distintos perfiles empleados deberán presentar altura idéntica y garantizar condiciones de contacto rueda–riel equivalentes, compatibles con los perfiles de rueda del Material Rodante seleccionado.
- 11.5 El Concesionario deberá seleccionar el grado de acero conforme a la norma EN 13674-1, en función del radio de las curvas, del tonelaje bruto acumulado, de las cargas por eje, de la velocidad de operación, de la estrategia de mantenimiento y de las condiciones de

suministro, de forma que se cumplan los objetivos de limitación del desgaste, de resistencia a la fatiga por contacto rodante y de minimización de las necesidades de amolado.

- 11.6 En curvas de radio reducido, y en particular en aquellas de radio igual o inferior a 300 m, así como en los sectores sometidos a mayores niveles de desgaste, el Concesionario deberá emplear rieles de mayor dureza, del orden de 300 HB o superior, salvo que acredite mediante el estudio de interacción rueda–riel que un grado inferior garantiza la vida útil y el desempeño requeridos.
- 11.7 La selección del grado de acero deberá justificarse mediante un análisis de fatiga por contacto rodante que acredite la ausencia de fallos prematuros antes de la vida útil establecida.
- 11.8 El conformado o curvado de rieles deberá ejecutarse mediante procedimientos que garanticen el cumplimiento de las tolerancias geométricas, del perfil especificado y de los límites admisibles de tensiones residuales, conforme al Plan de Calidad del Concesionario. El curvado en curvas de radio reducido deberá realizarse en taller o instalación fija, salvo justificación técnica aceptada por la Interventoría.
- 11.9 En los tramos de vía embebida, el conjunto riel–revestimiento deberá garantizar condiciones seguras para el tránsito sobre la plataforma, manteniendo una garganta compatible con el guiado ferroviario, asegurando su drenaje y limpieza y el adecuado funcionamiento del sistema de retorno de corriente de tracción. La superficie de rodadura franqueable deberá diseñarse de forma que no comprometa la seguridad de los vehículos de carretera ni de los peatones que crucen la plataforma.
- 11.10 El Concesionario deberá disponer de un sistema de trazabilidad del riel que permita identificar, para cada tramo instalado, el fabricante, la colada, el grado de acero, la fecha de fabricación y la fecha de instalación.

SECCIÓN 12 – RIEL CONTINUO SOLDADO, SOLDADURAS Y LIBERACIÓN DE TENSIONES

- 12.1 La vía general deberá ejecutarse en Riel Continuo Soldado (CCS). En las vías de servicio y del Patio Taller se admitirán soluciones alternativas debidamente justificadas.

- 12.2 El Concesionario deberá definir y aplicar una temperatura neutra o de fijación (SFT) adecuada a las condiciones climáticas del corredor, considerando la oscilación térmica característica del entorno andino a altitudes comprendidas entre 2.540 y 2.650 m s. n. m., garantizando la estabilidad de la vía frente al pandeo en verano y a la rotura por tracción en invierno.
- 12.3 El rango de temperatura neutra de diseño y su tolerancia de ejecución deberán justificarse a partir de registros climáticos representativos del corredor y de la temperatura del riel medida en obra, y someterse a no objeción de la Interventoría.
- 12.4 El Concesionario deberá ejecutar la liberación y homogeneización de tensiones conforme a un procedimiento documentado, con registro de la temperatura del riel, de las longitudes tratadas y de los medios empleados, en los términos del Apéndice Técnico 3.
- 12.5 Los procesos de soldadura empleados deberán cumplir, como mínimo, los siguientes requisitos, los cuales deberán ser verificados por la Interventoría:
- a) la soldadura a tope por chisporroteo (flash-butt welding) conforme a la norma EN 14587 constituirá el procedimiento de referencia para la ejecución de la vía general;
 - b) la soldadura aluminotérmica conforme a la norma EN 14730 se empleará en las uniones que no puedan ejecutarse mediante el procedimiento anterior, en reparaciones y en la conexión de aparatos de vía, previa justificación;
 - c) cualquier otro procedimiento de soldadura, incluida la soldadura por arco eléctrico, requerirá la acreditación previa de su calidad y durabilidad y la no objeción de la Interventoría, y no se admitirá en la vía general salvo justificación excepcional;
 - d) todos los procedimientos deberán ejecutarse conforme a un Plan de Soldadura elaborado por el Concesionario y no objetado por la Interventoría, que establecerá los procedimientos constructivos, los controles de calidad, las inspecciones y los ensayos aplicables;
 - e) las soldaduras serán ejecutadas exclusivamente por personal cualificado y certificado según el tipo de soldadura a instalar, para el procedimiento correspondiente, conforme a la normativa aplicable, debiendo el Concesionario mantener el registro actualizado de las certificaciones vigentes; y

- f) los criterios de aceptación serán los establecidos en las normas aplicables al procedimiento empleado.
- 12.6 El Concesionario deberá ejecutar ensayos no destructivos sobre la totalidad de las soldaduras de la vía general realizadas en obra, conforme al procedimiento definido en el Plan de Soldadura, y conservar los registros correspondientes durante toda la vigencia de la Concesión.
- 12.7 Cada soldadura deberá quedar identificada y georreferenciada en el inventario de activos, con indicación del procedimiento, del operador, de la fecha, de la temperatura del riel en el momento de la ejecución y del resultado de los ensayos, así como un registro fotográfico.
- 12.8 Los defectos de soldadura detectados durante la operación comercial serán corregidos por cuenta y riesgo del Concesionario, incluyendo la sustitución de los tramos de riel afectados cuando resulte necesario.

SECCIÓN 13 – INTERACCIÓN RUEDA–RIEL Y GESTIÓN DEL RIEL

- 13.1 El Concesionario deberá elaborar y presentar a la Interventoría un Estudio de Interacción Vehículo–Infraestructura (VTI), que integre el Material Rodante, la Vía Permanente y las condiciones de explotación previstas, sin perjuicio del tratamiento de las demás interfaces, de que trata el Apéndice Técnico 18.
- 13.2 El Estudio deberá definir y justificar, como mínimo: a) el perfil de riel y su inclinación; b) la pareja de perfiles rueda–riel adoptada y su evolución con el desgaste; c) la estrategia de desgaste admisible; d) los criterios de compatibilidad entre rueda y riel; e) el comportamiento en curvas de radio reducido y en aparatos de vía; y f) la estrategia de lubricación y de mitigación del desgaste lateral cuando resulte necesaria.
- 13.3 El Estudio deberá acreditar el cumplimiento de los requisitos de seguridad frente al descarrilamiento, confort, estabilidad dinámica, desgaste, ruido, vibraciones y adherencia, incluida la adherencia disponible en frenado, de conformidad con el Apéndice Técnico 15, el Apéndice Técnico 16, el Apéndice Técnico 20 y la normativa aplicable.
- 13.4 La no objeción del Estudio por parte de la Interventoría constituirá condición previa a la implantación definitiva del perfil de riel y de los parámetros asociados a la interacción

vehículo–infraestructura, así como a la fabricación en serie del Material Rodante en lo relativo al perfil de rueda.

- 13.5 El Concesionario deberá mantener el desgaste de los rieles dentro de límites compatibles con los niveles de seguridad, disponibilidad y confort exigidos por el Contrato y sus Apéndices, mediante un programa obligatorio de amolado preventivo y las demás actividades de mantenimiento necesarias.
- 13.6 El Concesionario deberá desarrollar, implementar y mantener actualizado durante toda la vigencia de la Concesión un Plan de Gestión del Riel, que deberá presentarse por primera vez con anterioridad al inicio de la Marcha Blanca y someterse a la No Objeción de la interventoría. Deberá revisarse, como mínimo, cada dos (2) años, o con mayor frecuencia cuando se produzcan cambios relevantes en las condiciones de explotación, en el Material Rodante o en los perfiles de rueda o riel, o cuando así lo requieran la EFR o la Interventoría.
- 13.7 El Plan de Gestión del Riel deberá establecer, como mínimo: a) criterios de inspección; b) procedimientos y frecuencias de medición; c) límites de desgaste vertical; d) límites de desgaste lateral; e) criterios de control de la corrugación; f) criterios de gestión de la fatiga por contacto rodante; g) estrategias de amolado preventivo, incluidas las campañas de amolado inicial; h) criterios de sustitución de rieles; i) indicadores de desempeño asociados; y j) procedimientos de intervención.
- 13.8 El Plan de Gestión del Riel deberá fundamentarse en las condiciones reales de explotación del Proyecto y mantenerse permanentemente actualizado, con la trazabilidad documental exigida por el Apéndice Técnico 3. El incumplimiento de las campañas de amolado preventivo previstas en el Plan constituirá incumplimiento del presente Apéndice, con independencia del nivel de desgaste alcanzado.
- 13.9 El Concesionario deberá disponer de un sistema de auscultación del riel que permita detectar defectos internos y superficiales, incluida la fatiga por contacto rodante, con la periodicidad definida en el Plan de Mantenimiento y, como mínimo, con carácter anual sobre la totalidad de la vía general.

SECCIÓN 14 – APARATOS DE VÍA

- 14.1 Las disposiciones de la presente Sección son aplicables a la totalidad de los aparatos de vía del Proyecto, incluidos: a) desvíos sencillos; b) desvíos simétricos; c) escapes y comunicaciones simples y cruzadas (bretelles); d) travesías y cruzamientos; e) aparatos de transición; f) conexiones al Patio Taller y a vías de servicio; y g) demás elementos equivalentes requeridos para la explotación.
- 14.2 Los aparatos de vía deberán diseñarse, suministrarse e instalarse de modo que:
- a) respondan a los criterios de operación definidos, incluidos los modos de maniobra, la motorización y la condición de talonabilidad cuando resulte exigible;
 - b) garanticen el guiado seguro en el cambio de itinerario;
 - c) aseguren niveles adecuados de confort, limitando aceleraciones laterales y discontinuidades geométricas;
 - d) sean plenamente operables en toda condición climática prevista, incluida la inmersión momentánea, sin pérdida de funcionalidad ni degradación de la seguridad;
 - e) incorporen medidas de protección para usuarios y personal frente a las piezas móviles;
 - f) minimicen la generación de ruido y vibraciones en operación; y
 - g) faciliten la inspección y el mantenimiento, asegurando accesibilidad, intercambiabilidad y estandarización de componentes.
- 14.3 La geometría de los aparatos de vía deberá seleccionarse conforme a la norma EN 13232, en función de la velocidad de desvío requerida por la explotación. En particular, el ángulo de cruzamiento y el radio de desvío deberán dimensionarse para cumplir las velocidades objetivo y los requisitos de confort aplicables.
- 14.4 El Concesionario podrá adoptar corazones de punta móvil cuando la velocidad de paso, el nivel de confort o los requisitos de mantenimiento lo justifiquen, o sea aplicable según la configuración del proyecto. Su adopción no será obligatoria y deberá justificarse en términos de coste de ciclo de vida y de disponibilidad.
- 14.5 Cada aparato de vía motorizado deberá disponer de mando auxiliar accesible y ser operable manualmente en condiciones seguras. Ninguna pieza móvil motorizada podrá instalarse a menos de un (1) metro de una zona de tránsito peatonal natural.
- 14.6 Todo aparato de vía deberá contar con iluminación adecuada para el control visual de la posición de la aguja y con protección frente al acceso de personas no autorizadas.

- 14.7 Los aparatos de vía deberán disponer de drenaje propio y de los dispositivos necesarios para garantizar su operatividad frente a la acumulación de agua, sedimentos o residuos. Las aguas captadas deberán conducirse hasta el sistema general de drenaje del corredor o hasta la obra hidráulica receptora correspondiente, de conformidad con lo establecido en el Apéndice Técnico 4, garantizando su adecuada evacuación y disposición final, sin generar afectaciones a la Vía Permanente, al corredor ni a terceros.
- 14.8 Los aparatos de vía deberán resultar compatibles con: a) la geometría de vía adoptada; b) el Material Rodante seleccionado; c) las velocidades de operación; d) las cargas por eje; e) el sistema de electrificación; f) los sistemas de señalización y control, incluidos los dispositivos de accionamiento, cerrojamiento y detección; y g) las estrategias de mantenimiento previstas.
- 14.9 El dimensionamiento, tipología, número y localización del conjunto de aparatos de vía serán responsabilidad del Concesionario, quien deberá justificarlos con base en los requisitos de explotación, garantizar la robustez operativa, la capacidad y la resiliencia del sistema, y obtener la no objeción de la Interventoría.
- 14.10 Sin perjuicio de lo anterior, la Tabla siguiente recoge la configuración mínima de aparatos de vía considerada para el proyecto. Dicha configuración constituye un mínimo de partida; no limita la obligación del Concesionario de incorporar los aparatos de vía adicionales necesarios para garantizar el desempeño del sistema, ni podrá invocarse como fundamento de reclamación cuando el Diseño de Detalle determine cantidades o tipologías distintas.
- 14.11 Las cantidades relacionadas en la Tabla 5 son de referencia. Conforme al Apéndice Técnico 1, la tipología, la cantidad y la localización definitivas de los aparatos de vía se determinarán a partir del Plan Operacional, sin que su ajuste altere el alcance funcional del Proyecto ni los Parámetros Básicos de Diseño.
- 14.12 Conforme al Apéndice Técnico 1, la configuración de la vía deberá permitir la circulación simultánea de trenes en ambos sentidos sobre la totalidad del corredor y garantizar que los cruces entre trenes durante la operación normal del servicio se realicen sin depender de apartaderos, vías de sobrepaso, desvíos operacionales u otras instalaciones destinadas a habilitar dichos cruces. Los aparatos de vía en vía general se dispondrán exclusivamente

para las necesidades de explotación en modo degradado, de mantenimiento y de acceso al Patio Taller.

Tabla 5. Configuración de referencia de aparatos de vía

Tipología	Cantidad de referencia
ADV 1/7 R120 sencillo	131
ADV 1/7 R120 simétrico	31
ADV 1/7 R120 bretelle	2
ADV 1/9 R290 sencillo	36
ADV 1/9 R290 simétrico	2
Total	202

- 14.13 La vida útil de los componentes críticos, en particular agujas y corazones, deberá ser coherente con el Plan de Mantenimiento y con el tonelaje bruto acumulado previsto. El Concesionario deberá justificar los intervalos de sustitución y mantenimiento en función de las condiciones de explotación y de las prestaciones exigidas, y definir criterios objetivos de sustitución preventiva basados en el tonelaje real acumulado y en el estado medido de los componentes.
- 14.14 El Concesionario deberá demostrar que los aparatos de vía seleccionados pueden inspeccionarse, mantenerse, renovarse y sustituirse sin afectar indebidamente la disponibilidad del sistema.
- 14.15 El Concesionario deberá identificar, clasificar y documentar la criticidad operacional de la totalidad de los aparatos de vía. La clasificación deberá considerar, como mínimo: a) la función operacional del aparato; b) el impacto sobre la capacidad del sistema; c) el impacto sobre la disponibilidad de la infraestructura; d) las consecuencias derivadas de una falla o indisponibilidad; e) la existencia de redundancias operacionales; f) la intensidad de uso prevista; y g) las condiciones de explotación.
- 14.16 Como parte del Diseño de Detalle, el Concesionario deberá desarrollar una Matriz de Criticidad de Aparatos de Vía, con el contenido mínimo indicado en la Tabla 6, que deberá mantenerse permanentemente actualizada durante toda la vigencia de la Concesión.

Tabla 6. Contenido mínimo de la Matriz de Criticidad de Aparatos de Vía

Campo	Descripción
Identificador del aparato	Código único, consistente con el inventario de activos y con el modelo BIM
Ubicación	Abscisa y coordenadas georreferenciadas
Tipología	Tipo, radio de desvío y tangente del cruzamiento
Función operacional	Función dentro de la explotación y escenarios en que interviene
Redundancia disponible	Sí / No, con descripción del itinerario alternativo
Intensidad de uso	Número previsto de maniobras y tonelaje bruto acumulado
Consecuencia de falla	Efecto operacional, de capacidad y de seguridad
Categoría de criticidad	Alta / Media / Baja
Programa diferenciado de mantenimiento	Sí / No, con remisión al programa aplicable
Repuestos asociados	Componentes críticos y nivel de stock

- 14.17 La metodología empleada para determinar la criticidad deberá encontrarse documentada y justificar la clasificación asignada a cada aparato. La Matriz de Criticidad deberá someterse a no objeción de la Interventoría antes del inicio de la operación comercial.
- 14.18 La clasificación de criticidad deberá revisarse y actualizarse cuando: a) se produzcan modificaciones significativas en la infraestructura; b) se modifiquen las condiciones de explotación; c) se identifiquen patrones recurrentes de falla; o d) así lo solicite la Interventoría. La Interventoría podrá requerir la reclasificación de determinados aparatos cuando su función operacional así lo justifique.
- 14.19 Los aparatos de vía clasificados como de Alta Criticidad deberán contar con programas específicos de inspección, monitoreo, mantenimiento y renovación, sometidos a no objeción de la Interventoría con anterioridad al inicio de la Operación y Mantenimiento, que contemplarán como mínimo: a) frecuencias de inspección diferenciadas; b) monitoreo del desgaste; c) seguimiento de defectos; d) control de parámetros geométricos; e) criterios de intervención preventiva; f) criterios de sustitución o renovación; y g) indicadores específicos de desempeño.

- 14.20 El Concesionario deberá demostrar que las medidas adoptadas son suficientes para minimizar el riesgo de indisponibilidad de los aparatos de Alta Criticidad y para garantizar que la falla individual de dichos activos no comprometa la seguridad operacional, la capacidad del sistema ni la continuidad del servicio. Toda desviación de los indicadores de desempeño de un aparato de Alta Criticidad deberá activar los protocolos de intervención definidos en su programa específico.
- 14.21 El Concesionario deberá mantener un inventario actualizado de la totalidad de los aparatos de vía, que se presentará por primera vez con anterioridad a la puesta en servicio de cada Unidad de Ejecución y que incluirá, como mínimo: a) identificación del activo; b) ubicación; c) tipología; d) clasificación de criticidad; e) historial de inspecciones; f) historial de defectos; g) intervenciones realizadas; h) renovaciones ejecutadas; e i) indicadores de desempeño asociados. El inventario deberá encontrarse integrado en el modelo BIM del Proyecto conforme al Apéndice Técnico 3.

SECCIÓN 15 – APARATOS DE DILATACIÓN

- 15.1 Los aparatos de dilatación deberán diseñarse, suministrarse e instalarse de modo que permitan absorber los movimientos relativos entre la vía y la estructura en juntas de viaductos, puentes y demás estructuras, garantizando:
- a) la seguridad del guiado del Material Rodante;
 - b) el confort de circulación, evitando discontinuidades geométricas perceptibles;
 - c) la continuidad eléctrica de cada riel, adecuada para los sistemas de señalización y de retorno de la corriente de tracción; y
 - d) la minimización de las necesidades de mantenimiento pesado, mediante soluciones robustas y de fiabilidad acreditada.
- 15.2 Los aparatos de dilatación deberán ejecutarse con el mismo perfil de riel empleado en la vía adyacente, no admitiéndose transiciones de perfil dentro del propio dispositivo.
- 15.3 La necesidad de instalación, la carrera de dilatación, el principio de funcionamiento, la continuidad del guiado lateral y la compatibilidad con el trazado y las velocidades de proyecto se determinarán a partir del análisis de interacción vía–estructura de la SECCIÓN 12.

- 15.4 El Concesionario deberá justificar técnicamente la solución adoptada y someterla a no objeción de la Interventoría, acreditando el cumplimiento de los requisitos de seguridad, confort, explotabilidad y mantenimiento.
- 15.5 Los aparatos de dilatación deberán disponer de accesibilidad para inspección y mantenimiento, de drenaje adecuado y de protección frente a la acumulación de residuos.

SECCIÓN 16 – TRAVIESAS, FIJACIONES Y PLACAS DE ASIENTO

- 16.1 Las traviesas, placas de asiento, suelas, fijaciones y elementos de sujeción deberán seleccionarse y diseñarse con base en criterios de desempeño, considerando como mínimo:
- a) capacidad portante frente a las cargas estáticas y dinámicas previstas, incluida la fatiga;
 - b) mantenimiento del ancho de vía dentro de tolerancias durante toda la vida útil;
 - c) aislamiento eléctrico del riel y contribución al control de corrientes vagabundas;
 - d) rigidez vertical y lateral adecuada y compatible con las zonas de transición
 - e) comportamiento vibroacústico, incluida la atenuación de vibraciones y ruido;
 - f) durabilidad y resistencia a la fatiga en las condiciones ambientales del corredor; y
 - g) facilidad de inspección, mantenimiento y sustitución individual sin afectación estructural.
- 16.2 Las traviesas de hormigón deberán cumplir la norma EN 13230 o equivalente reconocido, incluidos los ensayos de tipo y de control de producción exigidos por dicha norma.
- 16.3 Los sistemas de fijación deberán cumplir las normas EN 13481 y EN 13146, o equivalentes reconocidos, incluidos los requisitos de comportamiento mecánico, durabilidad, resistencia eléctrica y ensayos de tipo.
- 16.4 El Concesionario deberá justificar la compatibilidad funcional del sistema completo riel–fijación–traviesa o soporte, incluido su comportamiento integrado bajo condiciones reales de explotación, para la no objeción de la Interventoría.
- 16.5 Los sistemas de fijación deberán permitir el ajuste del ancho de vía y de la nivelación dentro de los rangos necesarios para el mantenimiento, y disponer de elementos elásticos sustituibles sin desmontaje del conjunto.

16.6 El Concesionario deberá acreditar la resistencia eléctrica mínima del conjunto riel– fijación–traviesa exigida por los sistemas de señalización y por los requisitos de control de corrientes vagabundas.

SECCIÓN 17 – VÍA SOBRE BALASTO

19.1 El balasto deberá cumplir la norma EN 13450 o equivalente reconocido. Dado que dicha norma se estructura mediante categorías declarables, el Concesionario deberá emplear como mínimo las categorías indicadas en la Tabla 7, sin perjuicio de la adopción de categorías más exigentes cuando las condiciones del Proyecto lo requieran.

Tabla 7. Requisitos mínimos del balasto

Característica	Requisito mínimo	Referencia
Granulometría	Categoría F conforme a EN 13450	EN 13450
Resistencia a la fragmentación (Los Ángeles)	LA_RB24 (≤ 24 %)	EN 1097-2 / EN 13450
Resistencia al desgaste (Micro-Deval)	MDE_RB11 (≤ 11 %)	EN 1097-1 / EN 13450
Contenido de finos y de partículas finas	Categorías conforme a EN 13450, a declarar por el Concesionario	EN 13450
Forma de las partículas	Índice de lajas conforme a EN 13450	EN 933-3
Naturaleza petrográfica	Material de origen ígneo o metamórfico de alta resistencia; se admitirán otras naturalezas previa acreditación del cumplimiento íntegro de los requisitos anteriores	EN 932-3

17.1 El Concesionario deberá acreditar, con anterioridad al inicio del suministro, la disponibilidad de fuentes de material que cumplan los requisitos de la Tabla 7 en condiciones de distancia de transporte compatibles con el programa de obra, así como la capacidad de dichas fuentes para atender las necesidades de reposición durante la fase de operación.

17.2 El espesor de la capa de balasto bajo traviesa, el ancho de hombro y la geometría de la banquetta deberán dimensionarse para garantizar la estabilidad de la vía, la distribución de

cargas, la resistencia lateral frente a los esfuerzos del CCS y la durabilidad del sistema, considerando las condiciones climáticas y las particularidades locales de geometría y entorno.

- 17.3 En los tramos de balasto enmarcado, el dimensionamiento de los elementos de confinamiento deberá considerar los esfuerzos transversales transmitidos por la vía y los derivados de las operaciones de mantenimiento, incluido el bateo.
- 17.4 El dimensionamiento podrá emplear metodologías conformes a las normas EN, o en caso de no ser pertinentes, las fichas UIC o el estándar AREMA, siempre que se demuestre un desempeño igual o superior al exigido en el presente Apéndice y se justifique técnicamente la solución adoptada, sin mezclar de forma incoherente criterios procedentes de marcos normativos distintos.
- 17.5 Se permitirá el uso de balasto reciclado o depurado únicamente en vías de servicio y del Patio Taller, siempre que el Concesionario demuestre su cumplimiento íntegro con los requisitos de la Tabla 7 y su idoneidad para las condiciones del Proyecto. Esta posibilidad no comprende el balasto existente actualmente en el corredor, cuya reutilización, reciclaje o depuración para su incorporación en la Vía Permanente del Proyecto no estará permitida. No se admitirá balasto reciclado en la vía general.
- 17.6 El Concesionario deberá prever las disposiciones necesarias para evitar la contaminación del balasto por finos procedentes de la plataforma, del entorno o de la operación, incluidas capas anticontaminantes o geotextiles cuando resulte necesario.

SECCIÓN 18 – VÍA EN PLACA

- 18.1 El sistema de vía en placa deberá seleccionarse con base en criterios de desempeño, sin imposición de soluciones propietarias, y deberá garantizar como mínimo:
- a) asentamientos compatibles con la operación y el mantenimiento, y en particular la ausencia de asientos diferenciales significativos posteriores a la construcción;
 - b) una vida útil de la losa estructural y de sus elementos permanentes no inferior a la establecida en el presente Apéndice
 - c) reparabilidad y posibilidad de sustitución de componentes, en particular de fijaciones y elementos elásticos, sin demolición integral de la losa;

- d) comportamiento seguro ante descarrilamiento, garantizando la retención del vehículo dentro de la plataforma; y
 - e) compatibilidad con las exigencias vibroacústicas del tramo, incluida la incorporación de sistemas de atenuación cuando resulten necesarios.
- 18.2 Los materiales de la vía en placa, en particular los hormigones, deberán cumplir la normativa aplicable conforme al Apéndice Técnico 2, incluidas las clases de resistencia, las condiciones de exposición, los requisitos estructurales, el tamaño máximo del árido y cualquier exigencia adicional derivada del diseño.
- 18.3 En los tramos de vía en placa situados fuera de estructuras, el Concesionario deberá acreditar, mediante los estudios geotécnicos correspondientes, que el terreno de apoyo y las capas de cimentación presentan una capacidad portante y una deformabilidad compatibles con la ausencia de asientos posteriores a la construcción, adoptando las medidas de mejoramiento o refuerzo que resulten necesarias conforme al Apéndice Técnico 4.
- 18.4 El Concesionario deberá justificar el comportamiento estructural y funcional del sistema adoptado, incluidas la interacción con la superestructura, el drenaje, el comportamiento vibroacústico y las condiciones de mantenimiento, para la no objeción de la Interventoría.
- 18.5 El diseño de la vía en placa deberá prever las juntas necesarias para el control de la retracción y de los efectos térmicos, así como su compatibilidad con las juntas estructurales y con los aparatos de dilatación.

SECCIÓN 19 – VÍA EMBEBIDA, PASOS A NIVEL Y REVESTIMIENTOS DE PLATAFORMA

- 19.1 Las disposiciones de la presente Sección son aplicables a los tramos de vía embebida y a los pasos a nivel, así como a los revestimientos de plataforma asociados.
- 19.2 Los revestimientos de plataforma deberán ser compatibles, a lo largo de su vida útil, con:
- a) la tecnología de montaje de vía empleada; b) las sollicitaciones dinámicas y los efectos vibratorios generados por la operación ferroviaria; y c) las cargas de los vehículos de carretera y de los vehículos de emergencia en los tramos franqueables.

- 19.3 La interfaz entre riel y revestimiento deberá diseñarse y ejecutarse de modo que:
- a. garantice el aislamiento mecánico del riel, permitiendo absorber las deformaciones diferenciales;
 - b. asegure la impermeabilización del sistema y evite la infiltración hacia los elementos de la vía;
 - c. garantice el aislamiento eléctrico del riel respecto del revestimiento y del terreno
 - d. proporcione la durabilidad requerida, minimizando las degradaciones y las necesidades de reparación; y
 - e. minimice el ancho de la interfaz sin comprometer su funcionalidad ni su mantenibilidad.
- 19.4 En los pasos a nivel, la superficie de rodadura deberá garantizar condiciones seguras de circulación vial y peatonal, incluida la accesibilidad universal, y ser compatible con los dispositivos de protección definidos en el Apéndice Técnico 1, 4 y en los Apéndices Técnicos de señalización.
- 19.5 La garganta del riel en tramos embebidos y pasos a nivel deberá disponer de dispositivos de recogida y evacuación de agua, con dimensionamiento suficiente para permitir su mantenimiento y limpieza.
- 19.6 El Concesionario deberá justificar la solución adoptada, incluidos su comportamiento mecánico, hidráulico, eléctrico y de mantenimiento, para la no objeción de la Interventoría, así como los procedimientos de reposición del revestimiento tras intervenciones en la vía.

SECCIÓN 20 – DRENAJE DE LA VÍA Y DE LA PLATAFORMA

- 20.1 El drenaje de la vía y de la plataforma deberá garantizar la recogida y evacuación de las aguas de escorrentía e infiltración, de forma que no se comprometan la capacidad portante de la plataforma, la estabilidad de la vía ni la durabilidad de sus componentes. Las aguas captadas deberán conducirse hasta el sistema de drenaje general del corredor, las obras hidráulicas o los cuerpos de agua existentes, conforme al Apéndice Técnico 4, sin que se generen afectaciones a predios o a terceros colindantes.

20.2 El diseño hidráulico e hidrológico de las obras de drenaje se regirá por el Apéndice Técnico 4.

20.3 El Concesionario deberá garantizar, como mínimo:

- a) que el perfil longitudinal y transversal de la plataforma conduzca las aguas hasta los puntos de recogida, sin acumulaciones en la banqueta de balasto ni en la losa;
- b) que las aguas procedentes de áreas contiguas no discurran sobre la plataforma ferroviaria, salvo en los casos expresamente justificados y no objetados por la Interventoría;
- c) el drenaje específico de los aparatos de vía, de las zonas de transición y de los tramos en trinchera;
- d) el drenaje de la garganta del riel en tramos embebidos y pasos a nivel; y
- e) la accesibilidad de todos los dispositivos de drenaje para su inspección, limpieza y mantenimiento.

20.4 El dimensionamiento y posicionamiento de los dispositivos de drenaje deberán considerar el perfil longitudinal de la vía y las condiciones pluviométricas del corredor, incluidas las proyecciones climáticas aplicables.

20.5 En vía sobre balasto, el diseño deberá prever las disposiciones necesarias para evitar la colmatación del balasto y para permitir la depuración o renovación del mismo sin afectación de los elementos de drenaje.

SECCIÓN 21 – AISLAMIENTO ELÉCTRICO, RETORNO DE CORRIENTE Y CORRIENTES VAGABUNDAS

21.1 La Vía Permanente deberá presentar un comportamiento eléctrico —resistencia, aislamiento, continuidad y seccionamiento— conforme a los requisitos de los sistemas de señalización y de energía de tracción, a la norma EN 50122 en sus partes aplicables y a la Ley Aplicable.

21.2 El riel actuará como conductor de retorno de la corriente de tracción. El Concesionario deberá diseñar la vía de forma que garantice la continuidad eléctrica longitudinal requerida, incluidos los puentes de continuidad en aparatos de vía, aparatos de dilatación y juntas, y su compatibilidad con el seccionamiento exigido por el sistema de señalización.

- 21.3 El Concesionario deberá definir y acreditar el valor mínimo de resistencia de aislamiento vía–tierra, expresado por unidad de longitud de vía, necesario para limitar las corrientes vagabundas dentro de los valores admisibles, así como los procedimientos de medición y verificación en obra y en explotación.
- 21.4 El Concesionario deberá adoptar las medidas preventivas, de vigilancia y correctivas necesarias para eliminar los efectos de las corrientes vagabundas sobre: a) los componentes del sistema, incluidas la plataforma, las estructuras y sus armaduras; y b) las instalaciones y redes de terceros próximas al corredor.
- 21.5 La tensión riel–tierra deberá mantenerse dentro de los límites establecidos por la norma EN 50122-1 para las condiciones de explotación del Proyecto.
- 21.6 El diseño de la vía deberá prever los puntos de medición permanentes necesarios para verificar, durante la explotación, la resistencia de aislamiento y los niveles de corriente vagabunda, así como su registro sistemático conforme al Plan de Mantenimiento.
- 21.7 Los requisitos de detalle relativos a los sistemas de puesta a tierra, protección catódica y coordinación con la línea aérea de contacto se desarrollan en el Apéndice Técnico 9.

SECCIÓN 22 – CONTROL DE RUIDO Y VIBRACIONES EN LA VÍA

- a) La Vía Permanente deberá contribuir al cumplimiento de los límites de ruido y vibración aplicables al Proyecto, definidos en el Apéndice Técnico ambiental correspondiente y en la Ley Aplicable y en las medidas establecidas en el Plan de Adaptación de la Guía Ambiental (PAGA).
- b) El Concesionario deberá elaborar, como parte del Diseño de Detalle, de manera articulada con el estudio de ruido y vibraciones establecido en el Apéndice Técnico 20 y en su anexo correspondiente, un estudio de ruido y vibraciones de la Vía Permanente que identifique los tramos sensibles del corredor, cuantifique los niveles previstos y defina las medidas de mitigación integradas en la vía que resulten necesarias, incluyendo, según corresponda: a) suelas bajo traviesa; b) placas de asiento de rigidez controlada; c) sistemas de vía en placa con atenuación; d) mantas elastoméricas o soluciones de masa-resorte; y e) tratamiento del riel y control de la corrugación.

- c) Las medidas de mitigación deberán dimensionarse considerando los receptores sensibles próximos al corredor, con atención específica a edificaciones residenciales, centros de salud, centros educativos y edificaciones de especial sensibilidad, para los cuales deberá desarrollarse un análisis particularizado.
- d) El diseño de la vía y de las estructuras deberá evitar la coincidencia de frecuencias propias que pueda dar lugar a fenómenos de resonancia entre el Material Rodante, la vía y la estructura de soporte.
- e) El Concesionario deberá acreditar el cumplimiento de los objetivos vibroacústicos mediante mediciones en las pruebas de puesta en servicio y mediante campañas periódicas durante la explotación, conforme al Plan de Mantenimiento y al Apéndice Técnico 20.
- f) La degradación del comportamiento vibroacústico atribuible al estado del riel, a la corrugación o a la pérdida de prestaciones de los elementos elásticos constituirá un defecto de la Vía Permanente y deberá corregirse conforme a lo establecido en el presente Apéndice.

SECCIÓN 23 – DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD Y PROTECCIÓN DE LA VÍA

- 23.1 El Concesionario deberá disponer los dispositivos de seguridad y protección de la vía que resulten necesarios a partir del análisis de riesgos derivado de lo establecido en el Apéndice Técnico 1 respecto a RAMS, y como mínimo los indicados en la presente Sección.
- 23.2 Todos los fondos de saco, vías de seguridad, vías de estacionamiento y extremos de vía deberán disponer de toperas o dispositivos de fin de vía dimensionados para la masa y la velocidad residual del Material Rodante en el escenario de diseño, con señalización y visibilidad adecuadas.
- 23.3 El Concesionario deberá evaluar la necesidad de contrarieles, rieles de protección o dispositivos equivalentes de retención frente al descarrilamiento, y disponerlos como mínimo en: a) puentes y viaductos; b) tramos adyacentes a edificaciones, vías públicas o infraestructuras de terceros cuya afectación por descarrilamiento suponga un riesgo inaceptable; c) curvas de radio reducido identificadas como críticas; y d) tramos en trinchera o con muros de contención próximos.

- 23.4 En las aproximaciones a estructuras y en los tramos identificados como críticos, el Concesionario deberá acreditar que la solución adoptada mantiene el vehículo descarrilado dentro de la plataforma y limita las consecuencias del evento.
- 23.5 El Concesionario deberá prever los dispositivos de encarrilamiento y los medios de recuperación necesarios para restablecer el servicio tras un descarrilamiento, así como los accesos requeridos para su despliegue.
- 23.6 Los dispositivos de protección de la vía deberán ser compatibles con los gálipos, con los sistemas de señalización y detección y con las operaciones de mantenimiento, y no podrán comprometer el drenaje ni el aislamiento eléctrico de la vía.
- 23.7 El Concesionario deberá identificar los tramos a nivel en los que exista riesgo derivado del entorno social, señaladamente aquellos en que la comunidad asentada junto al corredor haya adoptado prácticas de cruce sobre la vía férrea inactiva que resulten inseguras al entrar el corredor en operación. Para dichos tramos deberá disponer las obras físicas de prevención que resulten necesarias, incluidos cerramientos, señalización, pasos controlados e iluminación, en coherencia con el Apéndice Técnico 1 y con el Apéndice Técnico 4.
- 23.8 La identificación de esos tramos deberá elaborarse de forma articulada con la gestión social del Proyecto.

SECCIÓN 24 – VÍAS DEL PATIO TALLER Y VÍAS DE SERVICIO

- 24.1 Las vías del Patio Taller, las vías de estacionamiento, maniobra, lavado, mantenimiento, seguridad y contingencia, así como sus aparatos de vía, forman parte del alcance del presente Apéndice y deberán cumplir sus requisitos, con las particularidades establecidas en la presente Sección.
- 24.2 En las vías de servicio se admitirán: a) radios mínimos conforme a la Tabla 4; b) trazados sin curva de transición cuando la velocidad y las condiciones de carga lo permitan; y c) soluciones de vía distintas del CCS, previa justificación.
- 24.3 Las vías destinadas a estacionamiento y a operaciones de mantenimiento deberán proyectarse con pendiente nula o dentro de los límites de la Tabla 4, y disponer de los dispositivos de inmovilización y de fin de vía necesarios.

- 24.4 Las vías interiores de taller, los fosos de inspección, los sistemas de elevación y las vías sobre estructuras de mantenimiento deberán ser compatibles con el Material Rodante y con los procedimientos de mantenimiento definidos en el Apéndice Técnico 16, y cumplir los requisitos de seguridad ocupacional aplicables.
- 24.5 El diseño de las vías del Patio Taller deberá garantizar la capacidad de estacionamiento, maniobra y mantenimiento correspondiente a la flota de referencia y a su crecimiento previsto, así como la operatividad simultánea de las actividades de mantenimiento y de la operación comercial.
- 24.6 Los requisitos de calidad geométrica aplicables a las vías de servicio podrán ser menos exigentes que los de la vía general, siempre que el Concesionario los justifique en función de la velocidad y de las condiciones de explotación y obtenga la no objeción de la Interventoría. En ningún caso podrán comprometer la seguridad de la circulación ni la del personal.

SECCIÓN 25 – CALIDAD GEOMÉTRICA DE VÍA: NIVELES DE CONTROL

- 25.1 La calidad geométrica de la vía deberá especificarse, medirse y controlarse conforme a la norma EN 13848 en sus partes aplicables, o estándar internacional equivalente reconocido.
- 25.2 El sistema de gestión de la calidad geométrica se estructurará en los siguientes niveles de control:
- a) tolerancias de construcción y de recepción, aplicables a la aceptación de la vía con anterioridad a su puesta en servicio
 - b) límite de alerta (AL), que determina el seguimiento reforzado del tramo;
 - c) límite de intervención (IL), que determina la programación del mantenimiento correctivo antes de alcanzar el límite de acción inmediata; y
 - d) límite de acción inmediata (IAL), que determina la adopción sin demora de medidas operativas, incluidas la limitación de velocidad o la suspensión del servicio.
- 25.3 Los niveles anteriores constituyen un sistema único y coherente de gestión de la calidad de vía y deberán considerarse de manera integrada en el diseño, aun cuando su aplicación corresponda a distintas fases del ciclo de vida.

25.4 Los parámetros de calidad geométrica objeto de control serán, como mínimo, los indicados en la Tabla 8.

Tabla 8. Parámetros mínimos de control de la calidad geométrica

Parámetro	Forma de evaluación	Nivel de control aplicable
Nivelación longitudinal (dominios D1 y D2)	Desviación aislada y desviación típica por tramo	AL / IL / IAL
Alineación (dominios D1 y D2)	Desviación aislada y desviación típica por tramo	AL / IL / IAL
Ancho de vía	Valor puntual y valor medio por tramo	AL / IL / IAL
Peralte / nivel transversal	Desviación respecto al valor teórico	AL / IL / IAL
Alabeo	Sobre bases de medida conforme a EN 13848	AL / IL / IAL
Índice de calidad geométrica (TQI)	Desviaciones típicas combinadas por tramo de longitud definida	AL / IL

25.5 El Concesionario deberá establecer los valores numéricos de aceptación, alerta, intervención y acción inmediata para cada parámetro y para cada banda de velocidad y tipología de vía. Dichos valores no podrán ser menos exigentes que los establecidos en la norma EN 13848-5 para la banda de velocidad aplicable, ni que los derivados de las especificaciones técnicas de interoperabilidad o de las fichas UIC cuando resulten aplicables conforme al Apéndice Técnico 2.

25.6 Los valores propuestos deberán ser coherentes con la velocidad de diseño por tramos, con el Material Rodante adoptado, con los objetivos RAMS y con los indicadores de desempeño del Apéndice Técnico 24, y deberán someterse a no objeción de la Interventoría con anterioridad a las pruebas de recepción de vía.

25.7 Los valores definidos conforme a los numerales anteriores: a) serán de aplicación en los procesos de aceptación de la infraestructura conforme al CAPÍTULO III; y b) constituirán la base del control de la calidad geométrica en explotación conforme al CAPÍTULO IV.

25.8 El comportamiento dinámico y el confort de marcha deberán verificarse conforme a los criterios establecidos en el Apéndice Técnico 15 y en el Apéndice Técnico 16, y acreditarse durante las pruebas de puesta en servicio.

SECCIÓN 26 – SEÑALIZACIÓN FIJA DE VÍA, HITOS Y REFERENCIAS TOPOGRÁFICAS

26.1 El Concesionario deberá implantar a lo largo del corredor la señalización fija de vía y los elementos de referencia necesarios para la operación y el mantenimiento, incluidos como mínimo: a) hitos de abscisa; b) señales de limitación permanente de velocidad; c) señales de inicio y fin de zonas singulares, incluidas zonas de transición, aparatos de dilatación y tramos con limitación operativa; d) identificación de aparatos de vía; y e) placas de identificación de activos.

26.2 El Concesionario deberá materializar y conservar durante toda la vigencia de la Concesión una red de control topográfico de la vía, georreferenciada al sistema oficial del Proyecto definido en el Apéndice Técnico 3, con la densidad, precisión y estabilidad necesarias para el replanteo, la auscultación geométrica, las actividades de mantenimiento y la actualización de la información As Built.

26.3 La red deberá estar constituida por vértices o puntos de control permanentemente materializados y protegidos, contar con procedimientos de verificación y actualización periódica, y garantizar la trazabilidad de las mediciones realizadas durante todas las etapas del Proyecto.

26.4 La red de control topográfico se materializará como una poligonal georreferenciada al sistema oficial del Proyecto, con clase de precisión expresamente definida y acorde con las exigencias de la auscultación geométrica durante toda la vigencia de la Concesión. Cada verificación y recalibración deberá informarse a la Interventoría y someterse a su No Objeción, por constituir la base de los replanteos y de la verificación de la información As Built.

26.5 Los criterios de precisión, los procedimientos de control y la periodicidad de verificación deberán definirse en los Estudios y Diseños de Detalle y someterse a la No Objeción de la Interventoría.

- 26.6 Los elementos de señalización fija y las referencias topográficas deberán ser compatibles con los gálbos, con la implantación de la catenaria y con los caminos de servicio, y no podrán interferir con las operaciones de mantenimiento.
- 26.7 La identificación de los activos de vía deberá ser consistente con el inventario de activos y con el modelo BIM del Proyecto conforme al Apéndice Técnico 3.
- 26.8 Los requisitos relativos a la señalización ferroviaria de circulación y a los sistemas de detección se regulan en los Apéndices Técnicos de señalización y control; la presente Sección regula exclusivamente los elementos fijos asociados a la vía.

SECCIÓN 27 – ACCESIBILIDAD PARA MANTENIMIENTO Y CAMINOS DE SERVICIO

- 27.1 El diseño de la Vía Permanente deberá garantizar la accesibilidad necesaria para las operaciones de inspección, mantenimiento, renovación, rescate y evacuación durante toda la vigencia de la Concesión.
- 27.2 El Concesionario deberá disponer, siempre que las condiciones del corredor lo permitan, caminos o pasillos de servicio laterales que permitan el tránsito seguro del personal de mantenimiento y, cuando resulte viable, el acceso de vehículos, con las condiciones de anchura, superficie y drenaje necesarias. Cuando ello no resulte posible, el Concesionario deberá justificar la solución alternativa adoptada y acreditar el cumplimiento de los requisitos de seguridad y de tiempos de respuesta aplicables.
- 27.3 El diseño deberá prever puntos de acceso a la plataforma con la separación necesaria para garantizar los tiempos de intervención y de evacuación establecidos, así como su compatibilidad con el cerramiento del corredor y con el control de accesos.
- 27.4 El Concesionario deberá prever los puntos de carga, descarga y estacionamiento de maquinaria de vía necesarios para la ejecución del mantenimiento sin afectación de la operación comercial.
- 27.5 Las condiciones de acceso, de trabajo y de protección del personal en la plataforma se regirán por lo establecido en los Apéndices del Contrato y por la Ley Aplicable en materia de seguridad y salud en el trabajo.

SECCIÓN 28 – RAMS, RESILIENCIA Y SEGURIDAD DE LA VÍA

- 28.1 La Vía Permanente deberá diseñarse, ejecutarse y mantenerse de forma coherente con los objetivos de fiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad establecidos en el Apéndice Técnico 1.
- 28.2 El Concesionario deberá integrar los activos de la Vía Permanente en el análisis RAMS del Proyecto, identificando los modos de fallo relevantes, sus consecuencias operacionales y de seguridad, y las medidas de prevención, detección y mitigación asociadas.
- 28.3 El Concesionario deberá acreditar que la contribución de la Vía Permanente a la indisponibilidad del sistema se mantiene dentro de los objetivos establecidos, y que los tiempos de intervención y de reposición del servicio son compatibles con los objetivos RAMS del Proyecto.
- 28.4 El Concesionario deberá definir los escenarios de degradación de la vía y los modos de operación asociados, incluidas las limitaciones temporales de velocidad, su procedimiento de implantación y levantamiento y su comunicación al centro de control.
- 28.5 El Concesionario deberá definir los protocolos de inspección y de reposición del servicio tras eventos extraordinarios, incluidos sismos, inundaciones, deslizamientos, descarrilamientos y actos de vandalismo, con los criterios objetivos que condicionan la reanudación de la circulación.
- 28.6 Los requisitos de ciberseguridad aplicables a los sistemas de monitorización de la vía se regirán por el Apéndice Técnico de Ciberseguridad.

CAPÍTULO III – REQUISITOS DE EJECUCIÓN

SECCIÓN 29 – PRINCIPIOS GENERALES DE EJECUCIÓN

- 29.1 Sin perjuicio de lo establecido en el Apéndice Técnico de Estudios y Diseños, la Vía Permanente deberá ejecutarse conforme al Diseño de Detalle no objetado por la Interventoría, garantizando el cumplimiento de los requisitos funcionales, geométricos, estructurales y de desempeño establecidos en el Contrato.

- 29.2 El Concesionario será responsable de definir los métodos constructivos, las secuencias de ejecución y los medios y recursos necesarios, sin que ello limite su responsabilidad sobre el resultado final. Los procedimientos constructivos de los procesos críticos identificados deberán someterse a no objeción de la Interventoría antes de su aplicación.
- 29.3 Todas las actividades de construcción deberán ejecutarse bajo un Plan de Calidad no objetado por la Interventoría, que incluya los procedimientos constructivos, los Planes de Inspecciones y Pruebas Preliminares (PIPP), los criterios de aceptación intermedia y la trazabilidad de materiales y procesos. El Plan de Calidad deberá actualizarse cuando lo requieran las condiciones del Proyecto o la Interventoría. El Plan de Calidad y sus registros deberán mantenerse alineados con la Memoria Técnica del Proyecto y con los requisitos de estructuración, formatos y cargue de información del Apéndice Técnico 3.
- 29.4 El montaje de la vía deberá garantizar el cumplimiento progresivo de la geometría de diseño, evitando desviaciones acumulativas.
- 29.5 El Concesionario deberá controlar durante la ejecución, como mínimo, los parámetros de alineación, nivelación longitudinal, ancho de vía, peralte y alabeo, así como la temperatura del riel en las operaciones que lo requieran.
- 29.6 Las zonas de transición de rigidez deberán ejecutarse conforme a lo definido en el diseño y verificarse específicamente antes de la aceptación del tramo.

SECCIÓN 30 – CONTROL DE MATERIALES, COMPONENTES Y TRAZABILIDAD

- 30.1 Todos los materiales y componentes de la Vía Permanente deberán ser nuevos, salvo disposición expresa en contrario del presente Apéndice, y cumplir las normas especificadas.
- 30.2 El Concesionario deberá garantizar la trazabilidad de los materiales críticos —rieles, soldaduras, fijaciones, traviesas, balasto, componentes de aparatos de vía y elementos elásticos— desde su fabricación hasta su instalación, incluyendo la identificación del fabricante, del lote o colada y de los certificados asociados.

- 30.3 La información de materiales y componentes, incluidos los certificados, los resultados de ensayo y los registros de trazabilidad, deberá quedar consolidada en la Memoria Técnica del Proyecto y disponible en el entorno común de datos del Apéndice Técnico 3.
- 30.4 El Concesionario deberá realizar los ensayos de recepción y verificación conforme a las normas aplicables y a los Apéndices Técnicos correspondientes, con anterioridad a la puesta en obra de los materiales.
- 30.5 Los componentes que requieran ensayos de tipo conforme a la norma aplicable deberán disponer de los certificados correspondientes, emitidos por laboratorio u organismo acreditado, con anterioridad al inicio del suministro en serie.
- 30.6 El Concesionario deberá disponer de un procedimiento documentado de recepción, almacenamiento y manipulación de materiales que evite su deterioro, en particular en lo relativo a rieles, elementos elásticos y componentes de aparatos de vía.
- 30.7 Los registros de trazabilidad deberán incorporarse al inventario de activos y al modelo BIM del Proyecto conforme al Apéndice Técnico 3.

SECCIÓN 31 – PROCESOS CRÍTICOS DE EJECUCIÓN

- 31.1 Los procesos críticos asociados a la ejecución de la Vía Permanente deberán planificarse, ejecutarse y controlarse de manera que se garantice el cumplimiento de los requisitos de seguridad, geometría, durabilidad y desempeño establecidos en el presente Apéndice. Se consideran procesos críticos, como mínimo, la soldadura de rieles, la liberación de tensiones, el curvado de rieles, el montaje de aparatos de vía y la ejecución de las zonas de transición.
- 31.2 La soldadura de rieles deberá cumplir, como mínimo, los siguientes requisitos:
- a) ejecución conforme a los procedimientos y normas establecidos en el presente Apéndice;
 - b) disponibilidad e implementación de un Plan de Soldadura no objetado por la Interventoría;
 - c) ejecución por personal cualificado y certificado, con registro actualizado de las certificaciones vigentes;
 - d) aplicación de los controles de calidad y de los ensayos no destructivos que aseguren la integridad de las uniones, según la normativa aplicable; y

- e) registro individualizado de cada soldadura conforme a lo establecido en el presente Apéndice

31.3 La liberación de tensiones en vía de CCS deberá cumplir, como mínimo, los siguientes requisitos:

- a) definición y aplicación de la temperatura neutra de diseño (SFT) y de su tolerancia;
- b) ejecución conforme a procedimientos documentados;
- c) control y registro de la temperatura del riel durante la ejecución; y
- d) verificación de las tensiones longitudinales del riel y registro de las longitudes tratadas.

31.4 El curvado de rieles deberá cumplir, como mínimo, los siguientes requisitos:

- a) conservación del perfil geométrico del riel dentro de las tolerancias admisibles;
- b) control de las tensiones residuales inducidas; y
- c) verificación del cumplimiento de las tolerancias geométricas de la curva ejecutada.

31.5 El montaje de aparatos de vía deberá cumplir, como mínimo, los siguientes requisitos:

- a) ejecución del ajuste fino de los componentes;
- b) verificación de la alineación, nivelación y posicionamiento del aparato completo;
- c) verificación del correcto funcionamiento de los sistemas de accionamiento, cerrojamiento y detección, en coordinación con los sistemas de señalización; y
- d) realización de las verificaciones funcionales previas a la aceptación, con registro documental.

31.6 La ejecución de las zonas de transición deberá verificarse mediante control geométrico específico y, cuando el diseño lo exija, mediante medición de la rigidez vertical de apoyo.

SECCIÓN 32 – EJECUCIÓN DE VÍA SOBRE BALASTO

32.1 La ejecución de la vía sobre balasto deberá cumplir, como mínimo, los siguientes requisitos:

- a) el balasto instalado deberá cumplir los requisitos de la Tabla 7 y de la normativa dispuesta en el Apéndice Técnico 2, con ensayos de recepción por lote;
- b) el espesor de balasto bajo traviesa, el ancho de hombro y la geometría de la banqueta deberán verificarse en obra, no admitiéndose desviaciones superiores a las tolerancias definidas en el diseño;

- c) la posición de las traviesas —alineación, separación y escuadría— deberá ajustarse a las tolerancias de montaje, sin desviaciones acumulativas;
- d) la geometría de vía durante la ejecución deberá controlarse mediante mediciones sistemáticas, manteniéndose dentro de las tolerancias provisionales definidas en el Plan de Calidad;
- e) la compactación y estabilización del balasto deberán garantizar una rigidez suficiente para evitar asentamientos diferenciales significativos antes de la aceptación;
- f) tras el estabilizado, la vía deberá presentar un comportamiento geométrico estable, sin variaciones apreciables bajo tráfico de obra o trenes de prueba; y
- g) el Concesionario deberá disponer de registros de control geométrico y de estabilización que permitan verificar el cumplimiento de los requisitos anteriores.

32.2 El bateo, la nivelación y la estabilización dinámica deberán ejecutarse con maquinaria adecuada a la tipología de vía y a las tolerancias exigidas, y sus registros deberán conservarse e incorporarse al inventario de activos.

SECCIÓN 33 – EJECUCIÓN DE VÍA EN PLACA

- 33.1 La ejecución de la vía en placa deberá cumplir, como mínimo, los siguientes requisitos:
- a) construcción de la losa o elemento estructural conforme al diseño no objetado y a la normativa aplicable conforme al Apéndice Técnico 2;
 - b) verificación previa de la capacidad portante y de la deformabilidad del soporte
 - c) control de las tolerancias geométricas del soporte de vía;
 - d) correcta instalación y posicionamiento de los sistemas de fijación y de los elementos elásticos;
 - e) control de la nivelación, alineación y geometría final del riel durante la ejecución;
 - f) control de las deformaciones, retracciones y comportamiento del material durante el proceso constructivo, incluidas las condiciones de curado; y
 - g) garantía de continuidad funcional y estructural del sistema, sin necesidad de intervenciones correctivas mayores previas a la aceptación.

33.2 El Concesionario deberá acreditar la ausencia de asientos remanentes significativos con anterioridad a la aceptación del tramo, mediante el programa de auscultación definido en el Plan de Calidad.

SECCIÓN 34 – EJECUCIÓN DE VÍA EMBEBIDA Y PASOS A NIVEL

34.1 La ejecución de la vía embebida y de los pasos a nivel deberá garantizar la correcta posición del riel con anterioridad a la ejecución del revestimiento, así como la protección de los elementos elásticos y aislantes durante el vertido o la colocación del revestimiento.

34.2 El Concesionario deberá verificar, antes del cierre del revestimiento, el aislamiento eléctrico del riel, la continuidad del retorno de corriente, la geometría de vía y el funcionamiento de los dispositivos de drenaje de la garganta.

34.3 El Concesionario deberá definir y aplicar procedimientos de reposición del revestimiento que permitan intervenciones posteriores sobre la vía sin comprometer la durabilidad ni la seguridad de la solución.

34.4 La ejecución de los pasos a nivel deberá coordinarse, a cargo del Concesionario, con las autoridades competentes y con los gestores viales, y cumplir las condiciones de señalización y de seguridad vial establecidas en la Ley Aplicable y en el Apéndice Técnico 1.

SECCIÓN 35 – TOLERANCIAS DE CONSTRUCCIÓN Y RECEPCIÓN GEOMÉTRICA

35.1 La aceptación geométrica de la Vía Permanente con anterioridad a su puesta en servicio se realizará conforme a las tolerancias de recepción definidas por el Concesionario y no objetadas por la Interventoría, que no podrán ser menos exigentes que los valores de la Tabla 9.

Tabla 9. Tolerancias mínimas de recepción geométrica de la vía

Parámetro	Vía sobre balasto	Vía en placa
Ancho de vía respecto al nominal (1.435 mm)	+3 / -2 mm	+2 / -1 mm
Nivelación longitudinal (desviación aislada, cuerda de 10 m)	± 3 mm	± 2 mm

Parámetro	Vía sobre balasto	Vía en placa
Alineación (desviación aislada, cuerda de 10 m)	$\pm 3 \text{ mm}$	$\pm 2 \text{ mm}$
Peralte respecto al valor teórico	$\pm 3 \text{ mm}$	$\pm 2 \text{ mm}$
Alabeo (base de 3 m)	$\leq 1,5 \text{ mm/m}$	$\leq 1,0 \text{ mm/m}$
Posición del eje de vía en planta respecto al teórico	$\pm 20 \text{ mm}$	$\pm 10 \text{ mm}$
Cota de rasante respecto a la teórica	$\pm 20 \text{ mm}$	$\pm 10 \text{ mm}$
Entrevía respecto al valor de diseño	$\pm 20 \text{ mm}$	$\pm 10 \text{ mm}$

35.2 En los aparatos de vía, en las zonas de transición y en los tramos adyacentes a estructuras, las tolerancias aplicables serán las más exigentes entre las de la Tabla 9 y las establecidas por el fabricante del aparato o por el diseño.

35.3 La verificación del cumplimiento de las tolerancias se realizará mediante equipos de auscultación de vía de precisión acreditada, con calibración vigente, y sus registros formarán parte de la documentación de aceptación.

35.4 El Concesionario deberá acreditar la estabilidad de la geometría alcanzada mediante mediciones antes y después del paso de trenes de prueba, en las condiciones definidas en el Plan de Calidad.

SECCIÓN 36 – CONTROL DE CALIDAD EN OBRA Y NO CONFORMIDADES

36.1 El Concesionario deberá implementar y mantener un sistema de control de calidad en obra que garantice la verificación continua del cumplimiento de los requisitos de diseño durante la ejecución de la Vía Permanente.

36.2 El sistema de control de calidad en obra se estructurará conforme a la norma NTC-ISO 9001 y a la normativa aplicable en virtud del Apéndice Técnico 2, y se materializará en el Plan de Calidad de vía y en los Planes de Inspecciones y Pruebas Preliminares (PIPP) exigidos por el presente Apéndice. Los controles de calidad y los ensayos destructivos y no destructivos se ejecutarán conforme a las normas técnicas identificadas en dichos Planes y aceptadas por la Interventoría.

- 36.3 Dicho control deberá incluir inspecciones sistemáticas y planificadas, mediciones geométricas periódicas, ensayos de materiales y componentes, y registros documentales trazables.
- 36.4 La estructura de reporte, los formatos y el procedimiento de cargue de la información de control de calidad serán los establecidos en la Memoria Técnica del Proyecto, concertada y aprobada con la Interventoría y la EFR. El Apéndice Técnico 3 definirá la ruta del entorno común de datos en la que dicha información deberá permanecer cargada, actualizada y disponible para revisión de la Interventoría y de la EFR.
- 36.5 El Concesionario deberá definir Planes de Inspecciones y Pruebas Preliminares (PIPP) que condicionen la continuación de las actividades, incluidos, cuando corresponda, puntos de parada y de liberación. Los PIPP se someterán a no objeción de la Interventoría, que podrá participar en los puntos de inspección que determine.
- 36.6 El sistema de control de calidad deberá incorporar criterios de aceptación progresiva que permitan verificar la conformidad de los trabajos ejecutados antes de su paso a fases posteriores o a la aceptación final. La aceptación progresiva se acreditará ante la Interventoría conforme al procedimiento establecido en el Contrato.
- 36.7 Todas las no conformidades y salidas no conformes detectadas deberán registrarse, analizarse y corregirse antes de la fase de aceptación, implementando las acciones correctivas necesarias, incluida la identificación de la causa raíz cuando se trate de no conformidades recurrentes.
- 36.8 El registro de las no conformidades y salidas no conformes, su análisis, las medidas adoptadas y la evidencia de su cierre deberán presentarse a la Interventoría, de conformidad con el procedimiento establecido en el Plan de Calidad.
- 36.9 No se permitirá la transferencia de no conformidades de la Vía Permanente a fases posteriores ni su traslado al sistema en explotación.
- 36.10 El Concesionario será responsable de demostrar el cierre efectivo de todas las no conformidades y salidas no conformes mediante la documentación correspondiente.

SECCIÓN 37 – PRUEBAS, ENSAYOS Y PUESTA EN SERVICIO DE LA VÍA

- 37.1 Los criterios de aceptación final de la Vía Permanente, así como los ensayos, verificaciones y pruebas requeridas para su puesta en servicio, se regirán por lo establecido en el Apéndice Técnico 17, con los requisitos mínimos establecidos en la presente Sección.
- 37.2 Con carácter previo a la puesta en servicio de cada Unidad de Ejecución, el Concesionario deberá acreditar, como mínimo:
- a) el cumplimiento de las tolerancias de recepción geométrica de que trata el presente Apéndice
 - b) la conformidad de los registros de soldadura, de liberación de tensiones y de ensayos no destructivos;
 - c) la verificación funcional de la totalidad de los aparatos de vía, en coordinación con los sistemas de señalización y control;
 - d) la verificación del aislamiento eléctrico, de la continuidad del retorno de corriente y de los niveles de corriente vagabunda conforme al presente Apéndice y el Apéndice Técnico 9
 - e) la verificación del comportamiento dinámico y del confort mediante circulaciones de prueba a la velocidad de diseño del tramo;
 - f) la verificación de los niveles de ruido y vibración conforme al presente Apéndice y el Apéndice Técnico Socioambiental
 - g) la verificación del funcionamiento de los dispositivos de drenaje; y
 - h) la entrega de la documentación as-built y del inventario de activos conforme al presente Apéndice y el Apéndice Técnico 3
- 37.3 El Concesionario deberá definir el programa de circulaciones de prueba y de tráfico de estabilización previo a la puesta en servicio comercial, así como las verificaciones geométricas posteriores a dicho tráfico.
- 37.4 La aceptación de la Vía Permanente estará condicionada al cumplimiento de los requisitos de calidad establecidos en el presente Capítulo y a las verificaciones definidas en el Apéndice Técnico de Pruebas y Verificación.
- 37.5 La puesta en servicio de la Vía Permanente requerirá igualmente la entrega total e histórica de la Memoria Técnica del Proyecto en la parte correspondiente a la vía, con la trazabilidad completa de diseños, materiales, ensayos, no conformidades y registros de ejecución, alojada en el entorno común de datos del Apéndice Técnico 3.

SECCIÓN 38 – DOCUMENTACIÓN AS-BUILT E INVENTARIO DE ACTIVOS

- 38.1 El Concesionario deberá elaborar y entregar, con anterioridad a la puesta en servicio de cada Unidad de Ejecución, la documentación as-built de la Vía Permanente, que reflejará fielmente lo ejecutado y estará georreferenciada al sistema de coordenadas oficial del Proyecto.
- 38.2 El Concesionario deberá constituir y mantener un inventario de activos de la Vía Permanente que incluya, como mínimo: rieles y sus características, soldaduras, traviesas y soportes, fijaciones y elementos elásticos, balasto y capas de apoyo, aparatos de vía y de dilatación, dispositivos de protección, elementos de drenaje y señalización fija de vía.
- 38.3 El inventario deberá integrarse en el modelo BIM del Proyecto conforme al Apéndice Técnico 3 y mantenerse actualizado durante toda la vigencia de la Concesión, incorporando el historial de inspecciones, defectos, intervenciones y renovaciones de cada activo.
- 38.4 La información del inventario deberá encontrarse disponible para la EFR y para la Interventoría en todo momento y constituirá la base de la verificación de las condiciones de reversión

SECCIÓN 39 – CONTROL DE LA GEOMETRÍA Y CALIDAD DE VÍA EN EXPLOTACIÓN

- 39.1 El Concesionario deberá controlar de forma continua la geometría y la calidad de la vía durante la fase de explotación, conforme a los niveles definidos en el presente Apéndice.
- 39.2 El Concesionario deberá realizar mediciones periódicas de la geometría de vía que permitan verificar el mantenimiento de los parámetros dentro de los valores definidos para cada nivel de control, mediante equipos de auscultación de precisión acreditada y con calibración vigente.
- 39.3 Las frecuencias y métodos de medición deberán definirse en el Plan de Mantenimiento en función de la velocidad de operación, del tonelaje bruto acumulado, de la criticidad de los tramos y del comportamiento histórico de la vía, y en ningún caso podrán ser inferiores a las establecidas en la Tabla 8.

- 39.4 Cuando se alcancen o superen los límites de alerta o de intervención, el Concesionario deberá programar y ejecutar las intervenciones necesarias para restablecer los niveles de calidad geométrica dentro de los plazos definidos en el Plan de Mantenimiento.
- 39.5 Cuando se alcancen o superen los límites de acción inmediata, el Concesionario deberá adoptar sin demora las medidas operativas necesarias, incluidas la restricción de velocidad o la suspensión del servicio, y ejecutar las actuaciones requeridas para restablecer las condiciones de seguridad.
- 39.6 El Concesionario deberá disponer de registros históricos de la geometría de vía que permitan analizar la evolución temporal del estado de la infraestructura, identificar tendencias de degradación y optimizar las estrategias de mantenimiento.
- 39.7 El sistema de control de la calidad geométrica deberá encontrarse integrado con los indicadores de desempeño definidos y servir de base para la evaluación del cumplimiento de los niveles de servicio.

SECCIÓN 40 – INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA VÍA

- 40.1 El Concesionario deberá ejecutar las actividades de mantenimiento de la Vía Permanente conforme al Plan de Mantenimiento definido en el Apéndice Técnico 16, garantizando la conservación de sus características funcionales, estructurales y geométricas durante toda la fase de explotación.
- 40.2 El mantenimiento de la vía deberá comprender, como mínimo:
- a. mantenimiento del riel, incluidos el control del desgaste, el amolado preventivo y la gestión de la fatiga por contacto rodante;
 - b. mantenimiento de la vía sobre balasto, incluidos la nivelación, la alineación, la estabilización, el bateo, el perfilado de la banqueta y la reposición o depuración de balasto;
 - c. mantenimiento de la vía en placa, incluidas la inspección de fijaciones, el control de fisuración y la verificación del comportamiento estructural;

- d. mantenimiento de los aparatos de vía, incluidos el ajuste, la limpieza, la lubricación, el control del desgaste de agujas y corazones y la sustitución de componentes;
- e. mantenimiento de las zonas de transición, de los aparatos de dilatación y de los dispositivos de protección;
- f. mantenimiento de los elementos de drenaje, incluida la limpieza de la garganta del riel en tramos embebidos; y
- g. verificación periódica del aislamiento eléctrico y de la continuidad del retorno de corriente.

40.3 El Concesionario deberá establecer e implementar un programa de inspección de la vía que incluya, como mínimo: a) inspecciones visuales periódicas; b) mediciones geométricas; c) auscultación del riel para la detección de defectos internos y superficiales; d) inspecciones específicas de componentes críticos; y e) ensayos o inspecciones adicionales cuando se detecten condiciones anómalas o degradaciones aceleradas.

40.4 Las frecuencias mínimas de inspección y auscultación serán las indicadas en la Tabla 10, sin perjuicio de frecuencias superiores derivadas de la criticidad del tramo o del comportamiento observado.

Tabla 10. Frecuencias mínimas de inspección y auscultación de la Vía Permanente

Actividad	Vía general	Vías de servicio
Inspección visual de vía	Mensual	Trimestral
Medición de la geometría de vía con equipo de auscultación	Semestral	Anual
Auscultación del riel para detección de defectos internos	Anual	Bienal
Inspección de aparatos de vía de Alta Criticidad	Mensual	Trimestral
Inspección de aparatos de vía restantes	Trimestral	Semestral
Inspección de zonas de transición y aparatos de dilatación	Semestral	—
Verificación del aislamiento eléctrico y de corrientes vagabundas	Anual	Anual

Actividad	Vía general	Vías de servicio
Inspección de elementos de drenaje de vía	Semestral y previa a temporada de lluvias	Anual
Medición de ruido y vibraciones en puntos de control	Según norma específica	Según norma específica

40.5 Las frecuencias de la Tabla 10 constituyen mínimos contractuales. El Concesionario podrá proponer frecuencias distintas basadas en mantenimiento predictivo o en monitorización continua, siempre que acredite un nivel equivalente o superior de detección y obtenga la no objeción de la Interventoría.

40.6 El Concesionario deberá disponer de un sistema de registro y seguimiento del estado de la vía que permita documentar las actividades realizadas, analizar la evolución de los activos y planificar las actuaciones de mantenimiento, integrado con el inventario de activos.

SECCIÓN 41 – GESTIÓN DE DEFECTOS

41.1 El Concesionario deberá implementar un Sistema de Gestión de Defectos aplicable a la totalidad de la Vía Permanente, que contemple como mínimo la identificación, clasificación, registro, seguimiento y cierre de defectos.

41.2 Los defectos deberán clasificarse, como mínimo, en: a) defectos críticos; b) defectos mayores; y c) defectos menores. Se considerarán defectos críticos aquellos susceptibles de comprometer la seguridad operacional o de generar restricciones inmediatas de explotación.

41.3 Para cada categoría de defecto, el Concesionario deberá definir, como mínimo: a) los criterios de clasificación; b) las medidas operacionales asociadas; c) el tiempo máximo de respuesta; d) el tiempo máximo de corrección; y e) los responsables de la gestión.

41.4 Los tiempos máximos de respuesta y de corrección no podrán exceder los valores establecidos en la Tabla 11. El Concesionario podrá adoptar plazos más exigentes cuando lo considere necesario.

Tabla 11. Tiempos máximos de respuesta y corrección de defectos de vía

Categoría	Tiempo máximo de respuesta	Tiempo máximo de corrección
Crítico (afecta la seguridad)	Inmediato	≤ 4 h, o antes del restablecimiento de la circulación sobre el tramo afectado si este plazo fuera anterior
Mayor	≤ 2 h	≤ 24 h
Menor	≤ 24 h	≤ 30 días

- 41.5 Los tiempos de la Tabla 11 se computarán desde el momento de la detección del defecto por cualquier medio, incluidos la auscultación, la inspección, el reporte del personal de operación o el aviso de terceros, y en todo caso desde su registro en el Sistema de Gestión de Defectos. El Concesionario deberá acreditar que el intervalo entre la detección y el registro es el mínimo técnicamente posible.
- 41.6 Mientras no se ejecute la corrección de un defecto crítico, el Concesionario deberá mantener las medidas operacionales necesarias para garantizar la seguridad, incluidas la limitación de velocidad o la interrupción de la circulación sobre el tramo afectado.
- 41.7 La totalidad de los defectos detectados deberá mantenerse registrada en un sistema trazable conforme al Apéndice Técnico 3.
- 41.8 Los criterios de clasificación y los tiempos máximos de respuesta y de corrección deberán someterse a no objeción de la Interventoría con anterioridad al inicio de la Operación y Mantenimiento. La Interventoría podrá exigir su revisión cuando observe desviaciones recurrentes, tendencias de deterioro o riesgos para la seguridad operacional.
- 41.9 El incumplimiento de los tiempos máximos de respuesta y de corrección se evaluará conforme al régimen de indicadores de desempeño del Apéndice Técnico 24 y al régimen de consecuencias por incumplimiento previsto en el Contrato.

SECCIÓN 42 – GESTIÓN DE ACTIVOS, RENOVACIÓN Y REPOSICIÓN

- 42.1 La gestión de los activos de la Vía Permanente deberá realizarse en coherencia con lo establecido en el Apéndice Técnico 16, incluidos los requisitos relativos a la planificación de

la renovación y sustitución de componentes, la gestión de la obsolescencia y el control de inventarios y repuestos.

- 42.2 El Concesionario deberá aplicar un sistema de gestión de activos conforme a las mejores prácticas internacionales aplicables, incluidas las series ISO 55000 o equivalente reconocido, que integre el ciclo de vida completo de los activos de vía.
- 42.3 El Concesionario deberá elaborar y mantener actualizado un plan de renovación de la Vía Permanente que identifique, para cada componente, la vida útil remanente estimada, los criterios de renovación y la programación prevista, en coherencia con las condiciones de reversión.
- 42.4 Las actividades de mantenimiento y renovación deberán ejecutarse de forma coordinada con la operación del sistema, minimizando la afectación al servicio y garantizando en todo momento las condiciones de seguridad.
- 42.5 El cumplimiento de los requisitos establecidos en el presente Capítulo será condición necesaria para el mantenimiento de la infraestructura en condiciones de operación y para la evaluación del desempeño del Concesionario conforme a los indicadores del Contrato.

SECCIÓN 43 – REPUESTOS, MAQUINARIA DE VÍA Y CAPACIDAD DE INTERVENCIÓN

- 43.1 El Concesionario deberá disponer, durante toda la fase de operación, de los repuestos, materiales, herramientas y maquinaria necesarios para ejecutar el mantenimiento programado y para atender las intervenciones correctivas dentro de los tiempos establecidos en la Tabla 11.
- 43.2 El Concesionario deberá definir y mantener un nivel de stock estratégico de componentes críticos de la Vía Permanente, que incluirá como mínimo: rieles de los perfiles y grados empleados, componentes de aparatos de vía de Alta Criticidad —incluidos agujas y corazones—, fijaciones, elementos elásticos, traviesas y material de soldadura.
- 43.3 El nivel de stock estratégico deberá justificarse en función de los plazos de aprovisionamiento del mercado, de la criticidad de los activos y de los tiempos máximos de corrección exigidos, y someterse a no objeción de la Interventoría.

- 43.4 El Concesionario deberá disponer de la maquinaria de vía necesaria, propia o contratada, con disponibilidad acreditada, para la ejecución de las operaciones de bateo, nivelación, estabilización, amolado, auscultación y soldadura, así como de los medios de transporte y de acceso asociados.
- 43.5 El Concesionario deberá acreditar que dispone del personal cualificado y certificado necesario para la ejecución de las actividades de mantenimiento de vía, y mantener actualizado el registro de certificaciones.

SECCIÓN 44 – GESTIÓN DE OBSOLESCENCIA

- 44.1 El Concesionario deberá implementar un proceso permanente de gestión de obsolescencia aplicable a todos los componentes críticos de la Vía Permanente y a los sistemas de monitorización asociados.
- 44.2 La gestión de obsolescencia deberá contemplar, como mínimo: a) la disponibilidad futura de repuestos; b) la continuidad de fabricación; c) el soporte técnico del fabricante; d) los riesgos de discontinuación tecnológica; e) la compatibilidad con otros subsistemas ferroviarios; y f) la compatibilidad y el soporte del software y del firmware de los equipos de auscultación, monitorización y accionamiento asociados a la vía.
- 44.3 Cuando se identifiquen riesgos relevantes de obsolescencia, el Concesionario deberá desarrollar e implementar oportunamente planes de mitigación, que podrán incluir: a) sustitución anticipada; b) homologación de componentes equivalentes; c) incremento estratégico de inventarios; d) rediseño de componentes; o e) cualquier otra medida técnicamente justificada.
- 44.4 La EFR y la Interventoría podrán solicitar en cualquier momento evidencia documental del proceso de gestión de obsolescencia y de las medidas implementadas.

SECCIÓN 45 – INDICADORES DE DESEMPEÑO DE LA VÍA

- 45.1 El desempeño de la Vía Permanente se evaluará mediante los objetivos RAMS del Proyecto y de acuerdo con lo establecido en el Apéndice Técnico 24.

45.2 El Concesionario deberá proporcionar, con la periodicidad y en el formato establecidos en dicho Apéndice, la información necesaria para el cálculo de los indicadores asociados a la vía, incluidos como mínimo los relativos a: a) calidad geométrica; b) cumplimiento del programa de inspección y mantenimiento; c) gestión de defectos y cumplimiento de los tiempos de la Tabla 11; d) disponibilidad de los aparatos de vía; y e) limitaciones temporales de velocidad atribuibles al estado de la vía.

SECCIÓN 46 – CONDICIONES DE REVERSIÓN DE LA VÍA

46.1 Sin perjuicio de lo establecido en el Apéndice Técnico 26, el Concesionario deberá entregar la Vía Permanente al final de la Concesión en las condiciones de estado, funcionalidad y vida útil remanente establecidas en el Contrato y en el Apéndice Técnico de reversión aplicable, con los requisitos mínimos establecidos en la presente Sección.

46.2 Con la antelación establecida en el Contrato, el Concesionario deberá presentar un diagnóstico del estado de la Vía Permanente que incluya, como mínimo: a) los registros de calidad geométrica de los últimos periodos; b) el estado de desgaste y la vida útil remanente del riel y de los aparatos de vía; c) el estado del balasto y de las capas de apoyo, o de la losa en vía en placa; d) el inventario actualizado de activos; y e) el plan de intervenciones necesarias para alcanzar las condiciones de reversión.

46.3 La Vía Permanente deberá encontrarse, en el momento de la reversión, dentro de los niveles de calidad geométrica correspondientes al límite de alerta y sin defectos críticos ni mayores pendientes de corrección.

46.4 El Concesionario deberá ejecutar, con anterioridad a la reversión y por su cuenta, las renovaciones y sustituciones necesarias para que los componentes presenten la vida útil remanente exigida por el Contrato.

46.5 El Concesionario deberá entregar la totalidad de la documentación técnica, los registros históricos, el inventario de activos, el modelo BIM actualizado y el stock de repuestos existente, en los términos establecidos en el Contrato.

CAPÍTULO IV – ANEXO A – SECCIONES TIPO Y SECTORIZACIÓN REFERENCIAL

- 46.1 El Concesionario confirmará la tipología de vía, el ancho de faja y los límites por abscisa en el Diseño de Detalle, y podrá proponer soluciones equivalentes o de mejor desempeño conforme al Apéndice Técnico 1 y lo establecido en el presente Apéndice.
- 46.2 El Proyecto contempla cinco (5) secciones transversales típicas con ancho de faja variable, conforme a la Tabla A1. La disposición de caminos o pasillos de servicio deberá integrarse en la sección transversal adoptada.

Tabla A1. Secciones transversales típicas (referencial)

Sección tipo	Ancho de faja (m)	Aplicación principal (referencial)
Balasto convencional	12,0	Plena vía a nivel en tramo regional
Balasto enmarcado	10,0	Plena vía a nivel con confinamiento lateral
Vía en placa con revestimiento en concreto o césped	8,0	Tramos urbanos y segregados
Vía en placa en tramo deprimido	8,5	Deprimido férreo (sector Calle 100 – Calle 106)
Vía sobre estructura	10,8	Viaductos, puentes y estructuras

- 46.3 La ramificación referencial del corredor según la tipología de vía prevista en los estudios de factibilidad es la recogida en la Tabla A2. Las abscisas son aproximadas según los estudios de factibilidad y deberán ser confirmadas y ajustadas en el Diseño de Detalle.
- 46.4 Las abscisas de la Tabla A2 tienen carácter referencial y podrán ajustarse en el Diseño de Detalle sin que ello constituya modificación del alcance. La tipología de vía asignada a cada sector podrá modificarse únicamente con justificación técnica expresa y No Objeción de la Interventoría, y en ningún caso cuando la modificación implique un desempeño inferior en materia de atenuación vibroacústica, durabilidad o mantenibilidad.

Tabla A2. Sectorización referencial del corredor por tipología de vía

Sección tipo	PK inicio de referencia	PK fin de referencia
Placa - Concreto	K00+000,00	K00+201,55
Box Culvert canal San Francisco	K00+201,55	K00+226,05

Regiotram del Norte
Apéndice Técnico 5 – Vía Permanente (Superestructura)

Sección tipo	PK inicio de referencia	PK fin de referencia
Placa - Concreto	K00+226,05	K00+440,92
Viaducto Calle 24 -- Calle 26	K00+440,92	K01+400,92
Placa - Césped	K01+400,92	K01+804,80
Viaducto Calle 53 -- Carrera 60	K01+804,80	K02+414,80
Placa - Césped	K02+414,80	K02+699,48
Puente Calle 63	K02+699,48	K03+149,48
Placa - Césped	K03+149,48	K03+682,50
Viaducto Avenida NQS	K03+682,50	K04+202,50
Placa - Concreto	K04+202,50	K08+136,98
Deprimido - Placa	K08+136,98	K09+454,39
Placa - Césped	K09+454,39	K12+741,33
Puente Calle 140	K12+741,33	K13+194,33
Placa - Césped	K13+194,33	K13+556,63
Puente Calle 147	K13+556,63	K13+976,63
Placa - Césped	K13+976,63	K14+889,33
Viaducto Calle 161 -- Calle 165	K14+889,33	K15+864,33
Placa - Césped	K15+864,33	K18+073,33
Viaducto Calle 189 -- Calle 192	K18+073,33	K18+799,33
Placa - Césped	K18+799,33	K19+251,43
Viaducto Calle 200	K19+251,43	K19+893,43
Placa - Concreto	K19+893,43	K20+050,00
Balasto convencional	K20+050,00	K21+455,25
Puente Calle 222	K21+455,25	K21+905,25
Balasto convencional	K21+905,25	K24+247,21
Balasto enmarcado	K24+247,21	K25+159,17
Balasto convencional	K25+159,17	K28+359,16
Balasto enmarcado	K28+359,16	K28+429,16
Balasto convencional	K28+429,16	K28+874,16

Regiotram del Norte
Apéndice Técnico 5 – Vía Permanente (Superestructura)

Sección tipo	PK inicio de referencia	PK fin de referencia
Balasto enmarcado	K28+874,16	K28+924,15
Balasto convencional	K28+924,15	K29+034,12
Balasto enmarcado	K29+034,12	K29+299,12
Balasto convencional	K29+299,12	K30+207,22
Puente Río Bogotá	K30+207,22	K30+287,22
Balasto convencional	K30+287,22	K32+757,09
Balasto enmarcado	K32+757,09	K32+911,20
Viaducto Variante	K32+911,20	K33+681,20
Placa - Concreto	K33+681,20	K37+475,89
Puente UMNG	K37+475,89	K37+885,89
Balasto enmarcado	K37+885,89	K39+630,00
Balasto convencional	K39+630,00	K41+604,90
Placa - Concreto	K41+604,90	K41+723,50
Viaducto Refisal	K41+723,50	K42+223,50
Balasto convencional	K42+223,50	K44+860,00
Balasto enmarcado	K44+860,00	K45+290,00
Balasto convencional	K45+290,00	K45+900,00
Placa - Concreto	K45+900,00	K48+903,83