Contrato de Concesión No.

Apéndice Técnico 15

Material Rodante

Confidential

Tabla de contenido

Tabla de contenido 2

CAPÍTULO I – OBJETO, ALCANCE Y OBLIGACIONES DE RESULTADO 5

SECCIÓN 1 – OBJETO 5

SECCIÓN 2 – ALCANCE 5

SECCIÓN 3 – OBLIGACIONES DE RESULTADO 7

CAPÍTULO II – PLAN INTEGRAL DE MATERIAL RODANTE 8

SECCIÓN 4 – PLAN INTEGRAL DE MATERIAL RODANTE 8

SECCIÓN 5 – CONTENIDO MÍNIMO DEL PLAN INTEGRAL DE MATERIAL RODANTE 9

SECCIÓN 6 – ENTREGABLES 10

CAPÍTULO III – CERTIFICACIÓN INDEPENDIENTE DEL MATERIAL RODANTE 12

SECCIÓN 7 – OBJETO Y ALCANCE 12

SECCIÓN 8 – CERTIFICADOR INDEPENDIENTE 12

SECCIÓN 9 – PROCESO DE CERTIFICACIÓN 13

SECCIÓN 10 – INFORMES Y ENTREGABLES 14

SECCIÓN 11 – EFECTOS DE LA CERTIFICACIÓN 14

CAPÍTULO IV – REQUISITOS DE DISEÑO Y FUNCIONALES DEL MATERIAL RODANTE 15

SECCIÓN 12 – PRINCIPIOS GENERALES DE DISEÑO 15

SECCIÓN 13 – REQUISITOS FUNCIONALES Y RESTRICCIONES DEL PROYECTO 16

SECCIÓN 14 – MODULARIDAD DEL MATERIAL RODANTE 17

SECCIÓN 15 – REQUISITOS DE CAPACIDAD DE TRANSPORTE 18

SUBSECCIÓN 15.1 – CAPACIDAD DE TRANSPORTE REQUERIDA 19

SUBSECCIÓN 15.2 – CAPACIDAD EN CARGA NORMAL (CCN) 19

SUBSECCIÓN 15.3 – CAPACIDAD EN CARGA MÁXIMA (CCM) 20

SUBSECCIÓN 15.4 – CAPACIDAD EN CARGA EXCEPCIONAL (CCE) 20

SECCIÓN 16 – REQUISITOS DE LA CONFIGURACIÓN OPERACIONAL DEL MATERIAL RODANTE 20

CAPÍTULO V – OPERACIÓN Y SEGURIDAD 22

SECCIÓN 17 – REQUISITOS DE SEGURIDAD OPERACIONAL Y SEGURIDAD DEL PASAJERO 22

SUBSECCIÓN 17.1 – PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS 22

SUBSECCIÓN 17.2 – CRASHWORTHINESS Y PROTECCIÓN PASIVA 23

SUBSECCIÓN 17.3 – REGISTRADOR DE EVENTOS 24

SUBSECCIÓN 17.4 – PROTECCIÓN ANTIDESLIZAMIENTO Y ANTIPATINAJE 25

SUBSECCIÓN 17.5 – VIGILANCIA DEL MAQUINISTA 25

SUBSECCIÓN 17.6 – FRENADO DE EMERGENCIA 26

SECCIÓN 18 – OPERACIÓN EN MODO DEGRADADO 27

CAPÍTULO VI – ASPECTOS MECÁNICOS Y ESTRUCTURALES *28*

SECCIÓN 19 – REQUISITOS MÍNIMOS DE LAS CONFIGURACIONES OPERACIONALES Y LOS SISTEMAS DE ACOPLE/DESACOPLE 28

SECCIÓN 20 – REQUISITOS DE BOGIES O EJES DE RODADURA 29

SUBSECCIÓN 20.1 – CONFIGURACIÓN DE BOGIES O EJES 29
SUBSECCIÓN 20.2 – COMPATIBILIDAD CON LA INFRAESTRUCTURA 30
SUBSECCIÓN 20.3 – GEOMETRÍA DE RODADURA 30
SUBSECCIÓN 20.4 – SUSPENSIÓN Y COMPORTAMIENTO DINÁMICO 31
SUBSECCIÓN 20.5 – MANTENIBILIDAD DE LOS BOGIES 31

SECCIÓN 21 – INTERFAZ RUEDA–RIEL 32

SECCIÓN 22 – GESTIÓN DE ADHERENCIA RUEDA–RIEL 33

SECCIÓN 23 – PROTECCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA Y COMPATIBILIDAD DINÁMICA 33

CAPÍTULO VII – SISTEMA DE TRACCIÓN Y COMPORTAMIENTO DINÁMICO *34*

SECCIÓN 24 – REQUISITOS DE TRACCIÓN, FRENADO Y DESEMPEÑO OPERACIONAL 34

SUBSECCIÓN 24.1 – ARQUITECTURA DE TRACCIÓN 34
SUBSECCIÓN 24.2 – VELOCIDAD DE DISEÑO 35
SUBSECCIÓN 24.3 – ACELERACIÓN 36
SUBSECCIÓN 24.4 – FRENADO DE SERVICIO 36
SUBSECCIÓN 24.5 – FRENADO DE EMERGENCIA 36

SECCIÓN 25 – FRENADO INDEPENDIENTE DE LA ADHERENCIA 37

CAPÍTULO VIII – CARACTERÍSTICAS INTERIORES Y EXTERIORES *37*

SECCIÓN 26 – CONSIDERACIONES INFRAESTRUCTURA– TREN 37

SECCIÓN 27 – DISTRIBUCIÓN INTERIOR DEL MATERIAL RODANTE 38

SECCIÓN 28 – PUERTAS E INTERCAMBIO DE PASAJEROS 40

SECCIÓN 29 – TASA DE CONFORT POR ASIENTOS 41

SECCIÓN 30 – ANÁLISIS DE FLUJO DE PASAJEROS 41

SECCIÓN 31 – MONITOREO DE CARGA DE PASAJEROS 42

SECCIÓN 32 – REQUISITOS DE CONFORT, ACÚSTICO, VIBRATORIO Y DINÁMICO 43

SUBSECCIÓN 32.1 – RUIDO INTERIOR 44
SUBSECCIÓN 32.2 – RUIDO EXTERIOR 44
SUBSECCIÓN 32.3 – CONFORT DINÁMICO 45
SUBSECCIÓN 32.4 – VIBRACIONES DE CUERPO ENTERO 45
SUBSECCIÓN 32.5 – VIBRACIONES LOCALIZADAS Y EQUIPOS AUXILIARES 46
SUBSECCIÓN 32.6 – CONFORT PARA PASAJEROS DE PIE 46
SUBSECCIÓN 32.7 – CONFORT PARA EL PERSONAL OPERATIVO 47
SUBSECCIÓN 32.8 – CONSERVACIÓN DEL CONFORT DURANTE EL CICLO DE VIDA 48

SECCIÓN 33 – REQUISITOS DE ACCESIBILIDAD UNIVERSAL 49

SUBSECCIÓN 33.1 – ESPACIOS PARA USUARIOS EN SILLA DE RUEDAS 50
SUBSECCIÓN 33.2 – ASIENTOS PRIORITARIOS 50

SUBSECCIÓN 33.3 – INFORMACIÓN ACCESIBLE AL PASAJERO 51
SUBSECCIÓN 33.4 – SEÑALIZACIÓN Y ORIENTACIÓN 53
SUBSECCIÓN 33.5 – EVACUACIÓN Y SITUACIONES DE EMERGENCIA 54
SECCIÓN 34 – PICTOGRAMAS, SEÑALÉTICA E INFORMACIÓN AL USUARIO 55
CAPÍTULO IX – REQUISITOS DE FABRICACIÓN, PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO DEL MATERIAL RODANTE 57
SECCIÓN 35 – PRINCIPIOS GENERALES DE FABRICACIÓN, PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO DEL MATERIAL RODANTE 57
SECCIÓN 36 – FABRICACIÓN 58
SECCIÓN 37 – PRUEBAS EN SITIO, INTEGRACIÓN Y VALIDACIÓN OPERACIONAL 60
CAPÍTULO X – GESTIÓN DEL MATERIAL RODANTE DURANTE EL CICLO DE VIDA 61
SECCIÓN 38 – PRINCIPIOS GENERALES 61
SECCIÓN 39 – DIMENSIONAMIENTO DE FLOTA 62
SECCIÓN 40 – PLAN DE ASIGNACIÓN Y OPERACIÓN DE FLOTA 63
SECCIÓN 41 – GESTIÓN DEL CICLO DE VIDA DE LA FLOTA 64
CAPÍTULO XI – REQUISITOS DE DESEMPEÑO 65
SECCIÓN 42 – DESEMPEÑO DE MATERIAL RODANTE 65

CAPÍTULO I – OBJETO, ALCANCE Y OBLIGACIONES DE RESULTADO

SECCIÓN 1 – OBJETO

1.1 El presente Apéndice establece los requisitos técnicos, funcionales, operacionales, de desempeño e interoperabilidad que deberá cumplir el Material Rodante durante las fases de diseño, fabricación, suministro, integración, pruebas, certificación, puesta en servicio, operación, mantenimiento, renovación, actualización tecnológica, reversión y disposición final, durante todo el Plazo de la Concesión.

1.2 El presente Apéndice define los requisitos mínimos aplicables al Material Rodante y a sus interfaces con la infraestructura y los demás sistemas del Proyecto, así como los criterios mediante los cuales se verificará el cumplimiento de las obligaciones del Concesionario. Las disposiciones contenidas en el presente Apéndice deberán interpretarse de manera consistente con los objetivos funcionales del Proyecto y con la obligación del Concesionario de suministrar y mantener una flota apta para prestar el Servicio en condiciones de seguridad, disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad, interoperabilidad, accesibilidad, eficiencia energética y confort durante toda la vigencia de la Concesión

SECCIÓN 2 – ALCANCE

2.1 El alcance del presente Apéndice comprende el Material Rodante y todos los equipos, componentes, sistemas, interfaces, documentación, manuales, herramientas, software, repuestos estratégicos y demás elementos necesarios para garantizar la adecuada prestación del Servicio durante el Plazo de la Concesión. Asimismo, comprende la ejecución del proceso de aseguramiento y evaluación independiente de seguridad del Material Rodante, desarrollado conforme a la serie de normas CENELEC EN 50126, o aquellas que las sustituyan, incluyendo la obtención de un Informe o Certificado de Evaluación Independiente de Seguridad emitido por un Independent Safety Assessor (ISA) u organismo independiente con competencia equivalente. Lo anterior se entenderá sin perjuicio de las demás certificaciones, homologaciones, validaciones y aprobaciones exigidas por el Contrato o por la normativa aplicable.

2.2 El alcance del presente Apéndice comprende, como mínimo, el diseño, fabricación, suministro, certificación, integración, pruebas, puesta en servicio, operación, mantenimiento,

renovación, repotenciación, actualización tecnológica y reversión del Material Rodante. Asimismo, comprende todos los equipos, componentes, subsistemas, software, firmware, sistemas embarcados, sistemas de seguridad y emergencia, sistemas auxiliares, interfaces, herramientas especiales, licencias, repuestos estratégicos, documentación técnica, manuales de operación y mantenimiento, planos, registros de configuración y demás elementos necesarios para garantizar la adecuada prestación del Servicio durante toda la Concesión. Todos estos elementos deberán mantenerse permanentemente actualizados durante el Plazo de la Concesión y serán objeto de reversión al Concedente en las condiciones establecidas en el Contrato.

2.3 El alcance comprende, como mínimo:

a) El diseño, fabricación, suministro, certificación, integración, pruebas, puesta en servicio, operación, mantenimiento, repotenciación, actualización tecnológica y reversión del Material Rodante.
b) La elaboración, actualización y entrega de la totalidad de la documentación y especificaciones técnicas asociadas al Material Rodante, incluyendo memorias de diseño, planos, modelos BIM cuando corresponda, manuales de operación, mantenimiento y reparación, catálogos, registros de configuración, software, licencias, bases de datos y cualquier otra información necesaria para garantizar su adecuada operación, mantenimiento y reversión.
c) El suministro y mantenimiento de las herramientas, equipos de diagnóstico, instrumental, equipos de rescate, equipos de emergencia, repuestos estratégicos y demás elementos requeridos para la adecuada operación, mantenimiento y atención de contingencias durante toda la Concesión.
d) La integración funcional y física del Material Rodante con la infraestructura ferroviaria y con los demás subsistemas del Proyecto, incluyendo, entre otros, la vía, la electrificación, la alimentación eléctrica, la catenaria, la señalización y control ferroviario, las telecomunicaciones, el Centro de Control Operacional, los talleres y cocheras, los sistemas de recaudo, los sistemas de información al pasajero y los demás sistemas aplicables.

e) La obtención, mantenimiento y renovación de todas las certificaciones, homologaciones, autorizaciones, validaciones y aprobaciones requeridas para la fabricación, puesta en servicio, operación y mantenimiento del Material Rodante.

f) La ejecución de todas las actividades necesarias para garantizar que el Material Rodante mantenga durante toda la Concesión las condiciones de seguridad, confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad, interoperabilidad, accesibilidad, eficiencia energética, capacidad de transporte y confort establecidas en el Contrato.

g) La reversión al Concedente, al término de la Concesión, del Material Rodante y de todos los equipos, componentes, sistemas, herramientas, repuestos, documentación técnica, manuales, registros de configuración, software, licencias transferibles y demás elementos comprendidos dentro de su alcance, debidamente actualizados y en las condiciones establecidas en el Contrato.

2.4 Los requisitos específicos aplicables a la operación, mantenimiento, RAMS, infraestructura, energía, señalización, telecomunicaciones, talleres y cocheras, pruebas y puesta en servicio, así como a los demás subsistemas del Proyecto, se desarrollan en los Apéndices Técnicos correspondientes.

2.5 Cuando dichos requisitos involucren interfaces con el Material Rodante, corresponderá al Concesionario garantizar su plena compatibilidad e integración, sin que la distribución de requisitos entre distintos Apéndices limite o reduzca sus obligaciones contractuales.

SECCIÓN 3 – OBLIGACIONES DE RESULTADO

3.1 Las obligaciones establecidas en el presente Apéndice constituyen obligaciones de resultado.

3.2 El cumplimiento de requisitos específicos, normas técnicas o especificaciones particulares no exime al Concesionario de garantizar el desempeño del Material Rodante durante toda la vigencia de la Concesión.

3.3 Corresponderá al Concesionario seleccionar la arquitectura, tecnologías, fabricantes, materiales, equipos y soluciones de ingeniería que considere más adecuados para cumplir los requisitos establecidos en el Contrato, asumiendo íntegramente los riesgos derivados de dichas decisiones.

3.4 El Concesionario deberá garantizar que el Material Rodante mantenga permanentemente las condiciones de seguridad, disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad, interoperabilidad, accesibilidad, eficiencia energética, capacidad de transporte, ciberseguridad y confort requeridas para la adecuada prestación del Servicio durante toda la Concesión.

3.5 Cuando las especificaciones mínimas contenidas en el presente Apéndice resulten insuficientes para alcanzar los niveles de desempeño exigidos por el Contrato, el Concesionario deberá incorporar, a su costo y riesgo, los equipos, componentes, funcionalidades, modificaciones o soluciones técnicas adicionales que resulten necesarias.

3.6 Todo equipo, componente, software, interfaz, herramienta, licencia, documentación técnica, repuesto o elemento que resulte necesario para garantizar el cumplimiento de las obligaciones establecidas en el Contrato se entenderá incluido dentro del alcance del Concesionario, aun cuando no se encuentre expresamente mencionado en el presente Apéndice.

CAPÍTULO II – PLAN INTEGRAL DE MATERIAL RODANTE

SECCIÓN 4 – PLAN INTEGRAL DE MATERIAL RODANTE

4.1 El Concesionario deberá elaborar, presentar, implementar y mantener actualizado un Plan Integral de Material Rodante, mediante el cual demostrará el cumplimiento de la totalidad de los requisitos establecidos en el Contrato y en el presente Apéndice. El Plan Integral constituirá la línea base técnica, funcional y documental del Material Rodante durante toda la vigencia de la Concesión.

4.2 El Plan Integral deberá describir de manera integral la solución propuesta para el Material Rodante, incluyendo sus criterios de diseño, configuración, arquitectura, interfaces, desempeño, estrategia de certificación, mantenimiento, renovación, actualización tecnológica y reversión, así como los procedimientos mediante los cuales el Concesionario garantizará el cumplimiento de las obligaciones establecidas en el Contrato durante todo el Ciclo de Vida del Material Rodante.

4.3 La no objeción del Plan Integral por parte de la Interventoría no limitará ni reducirá la responsabilidad del Concesionario respecto del cumplimiento de sus obligaciones contractuales.

4.4 El Concesionario deberá presentar una versión preliminar del Plan Integral dentro de los ciento ochenta (180) días siguientes a la Fecha de Inicio del Contrato. Dicha versión deberá contener, como mínimo:

a) la solución preliminar de Material Rodante propuesta;
b) la estrategia general de cumplimiento del presente Apéndice;
c) el cronograma general de diseño, fabricación, suministro, certificación, pruebas y puesta en servicio;
d) la estrategia preliminar de certificación, evaluación independiente de seguridad (ISA) y gestión RAMS;
e) la estrategia preliminar de mantenimiento, gestión de obsolescencia y actualización tecnológica.
f) El Plan Integral definitivo deberá presentarse antes del inicio de la fabricación del primer Tren.

4.5 El inicio de la fabricación estará condicionado a la no objeción del Plan Integral definitivo por parte del Interventor, sin perjuicio de la responsabilidad exclusiva del Concesionario por el cumplimiento de todas las obligaciones establecidas en el Contrato.

4.6 El Plan Integral deberá mantenerse permanentemente actualizado durante toda la vigencia de la Concesión.

4.7 Toda modificación que afecte la configuración del Material Rodante, su arquitectura, interfaces, certificaciones, desempeño, seguridad, mantenibilidad, confiabilidad, disponibilidad, capacidad de transporte, actualización tecnológica, renovación mayor o cualquier otro aspecto relevante deberá incorporarse al Plan Integral antes de su implementación.

4.8 Todas las versiones actualizadas sustituirán integralmente la versión anterior y pasarán a formar parte de la documentación contractual del Proyecto.

SECCIÓN 5 – CONTENIDO MÍNIMO DEL PLAN INTEGRAL DE MATERIAL RODANTE

5.1 El Plan Integral deberá contener, como mínimo:

a) Descripción general de la solución propuesta.

b) Criterios de Diseño utilizados
c) Configuración del Material Rodante, incluyendo la composición de las Unidades, Configuración Operacional, capacidad de transporte, dimensiones principales, masas y distribución interior.
d) Arquitectura general del Material Rodante y descripción de sus principales subsistemas, incluyendo como mínimo: estructura; módulos; bogies; sistema de tracción; sistema de frenado; sistema de captación de energía; pantógrafo; TCMS; alimentación auxiliar; baterías; HVAC; puertas; sistemas de información al pasajero; CCTV; telecomunicaciones; iluminación; sistemas de seguridad; sistemas de emergencia; demás sistemas embarcados.
e) Matriz de cumplimiento de todos los requisitos establecidos en el presente Apéndice, indicando para cada requisito la forma de cumplimiento y la evidencia documental correspondiente.
f) Normas técnicas aplicables y justificación de cualquier norma equivalente propuesta.
g) Descripción de las interfaces del Material Rodante con la infraestructura ferroviaria y los demás subsistemas del Proyecto.
h) Estrategia RAMS, desarrollada conforme a la serie de normas CENELEC aplicables.
i) Estrategia de certificación, homologación y evaluación independiente de seguridad mediante Independent Safety Assessor (ISA), incluyendo su cronograma y camino crítico.
j) Programa de diseño, fabricación, suministro y puesta en servicio.
k) Programa de pruebas, incluyendo pruebas de fábrica, pruebas estáticas, pruebas dinámicas, pruebas de integración, marcha blanca y puesta en servicio.
l) Programa de mantenimiento.
m) Programa de gestión de obsolescencia.
n) Programa de repotenciación y actualización tecnológica.
o) Plan de repuestos estratégicos.
p) Programa de capacitación del personal.
q) Cronograma general de ejecución.

SECCIÓN 6 – ENTREGABLES

6.1 Como parte del Plan Integral, el Concesionario deberá entregar, como mínimo:

a) memorias de diseño;
b) memorias de cálculo;
c) especificaciones técnicas;
d) planos generales y planos de detalle;
e) modelos BIM con base en lo establecido contractualmente;
f) manuales de operación, mantenimiento, reparación, rescate y atención de emergencias;
g) catálogos de partes;
h) registros de configuración;
i) software, firmware y licencias necesarias para la operación y mantenimiento;
j) certificados de conformidad;
k) certificados de homologación;
l) informes de evaluación independiente de seguridad (ISA);
m) informes RAMS;
n) informes de pruebas y aceptación;
o) inventario de repuestos estratégicos;
p) documentación necesaria para la reversión del Material Rodante.

6.2 Toda la documentación deberá entregarse en idioma español. Cuando los documentos originales del fabricante se encuentren en otro idioma, el Concesionario deberá suministrar la correspondiente traducción técnica al español, sin perjuicio de entregar adicionalmente la versión original.

6.3 Toda la documentación deberá mantenerse permanentemente actualizada durante la vigencia de la Concesión. Los manuales de operación, mantenimiento, reparación, rescate y atención de emergencias, así como los planos, registros de configuración, software, licencias y demás documentación técnica, deberán reflejar en todo momento la configuración real del Material Rodante.

6.4 Toda la documentación técnica, software, licencias transferibles, registros de configuración, manuales, planos, herramientas especiales y demás entregables previstos en la presente Sección formarán parte de los bienes objeto de reversión al término de la Concesión, en las condiciones establecidas en el Contrato.

CAPÍTULO III – CERTIFICACIÓN INDEPENDIENTE DEL MATERIAL RODANTE

SECCIÓN 7 – OBJETO Y ALCANCE

7.1 El Material Rodante deberá ser objeto de un proceso de evaluación y certificación independiente, desarrollado durante las distintas fases de diseño, fabricación, integración, pruebas y puesta en servicio, con el fin de verificar el cumplimiento de los requisitos técnicos, funcionales, operacionales, de seguridad e interoperabilidad establecidos en el Contrato.

7.2 La certificación prevista en la presente Sección será específica para el Material Rodante y sus interfaces, y será independiente de cualquier proceso de certificación integral del Proyecto o de los demás subsistemas ferroviarios.

7.3 La certificación independiente comprenderá, como mínimo:

a) la revisión del diseño;
b) la revisión del cumplimiento normativo;
c) la revisión del proceso RAMS;
d) la revisión de la integración del Material Rodante con los demás subsistemas;
e) la revisión del proceso de fabricación;
f) la revisión del programa de pruebas;
g) la revisión de los resultados de las pruebas;
h) la revisión de la Marcha Blanca;
i) la recomendación para la Puesta en Servicio Comercial.

SECCIÓN 8 – CERTIFICADOR INDEPENDIENTE

8.1 Sin perjuicio de lo establecido en el Apéndice Técnico 17, la evaluación y certificación independiente del Material Rodante será realizada por un Independent Safety Assessor (ISA) con experiencia demostrable en certificación ferroviaria internacional.

8.2 El organismo certificador deberá ser completamente independiente del fabricante del Material Rodante, de sus proveedores, del diseñador y del propio Concesionario. No podrá existir conflicto de interés alguno respecto de las actividades objeto de certificación.

8.3 Dentro de los ciento ochenta (180) días siguientes a la Fecha de Inicio del Contrato, y en todo caso antes del inicio del diseño de detalle del Material Rodante, el Concesionario

deberá presentar a la EFR una terna de organismos certificadores independientes propuestos para realizar la evaluación y certificación independiente del Material Rodante.

8.4 Los organismos propuestos deberán acreditar, como mínimo:

8.5 Independencia técnica, económica y organizacional respecto del Concesionario, del fabricante del Material Rodante, de sus proveedores y de cualquier entidad que participe en el diseño, fabricación, suministro o integración del Material Rodante.

8.6 Experiencia comprobada en certificación o evaluación independiente de proyectos ferroviarios de características similares.

8.7 Experiencia en la aplicación de la serie de normas CENELEC EN 50126, EN 50128 y EN 50129.

8.8 Personal técnico con experiencia demostrable en sistemas ferroviarios y en procesos de evaluación independiente de seguridad.

8.9 Ausencia de conflictos de interés que puedan comprometer su independencia o imparcialidad.

8.10 La EFR evaluará la terna presentada y seleccionará uno (1) de los organismos propuestos, o podrá rechazar motivadamente la totalidad de la terna cuando ninguno de los candidatos cumpla los requisitos establecidos en el Contrato.

8.11 En este último caso, el Concesionario deberá presentar una nueva terna dentro del plazo que establezca la EFR.

8.12 El organismo seleccionado será contratado directamente por el Concesionario, quien asumirá la totalidad de los costos asociados a la evaluación y certificación independiente del Material Rodante.

8.13 No obstante, el organismo certificador desarrollará sus actividades con plena independencia técnica respecto del Concesionario y reportará sus informes tanto al Concesionario como a la EFR y al Interventor.

8.14 El reemplazo del organismo certificador durante la ejecución del Contrato solo podrá realizarse con la autorización previa de la EFR y por causas debidamente justificadas, debiendo observarse nuevamente el procedimiento previsto en la presente Sección

SECCIÓN 9 – PROCESO DE CERTIFICACIÓN

9.1 La certificación se desarrollará durante todo el ciclo de desarrollo del Material Rodante.

9.2 Como mínimo comprenderá las siguientes etapas: revisión conceptual; revisión del diseño preliminar; revisión del diseño definitivo; revisión de fabricación; revisión de pruebas de fábrica (FAT); revisión de integración; revisión de pruebas estáticas; revisión de pruebas dinámicas; revisión de la Marcha Blanca; recomendación para la Puesta en Servicio Comercial.

9.3 El concesionario debe garantizar que el organismo certificador tenga libre acceso a toda la documentación técnica, instalaciones, procesos de fabricación, resultados de pruebas y demás información necesaria para el desarrollo de sus actividades

9.4 El Concesionario deberá atender todas las observaciones formuladas por el organismo certificador antes de solicitar la Puesta en Servicio Comercial.

SECCIÓN 10 – INFORMES Y ENTREGABLES

10.1 El organismo certificador emitirá los informes correspondientes a cada una de las etapas del proceso de certificación, los cuales deberán ser compartidos, dentro de los siguientes cinco (5) días hábiles, tanto con la Interventoría como con la EFR.

10.2 Como mínimo deberán emitirse: Informe de revisión del diseño, Informe de revisión RAMS, Informe de revisión de fabricación, Informe de revisión FAT, Informe de integración, Informe de pruebas dinámicas, Informe de Marcha Blanca, Informe Final de Certificación.

10.3 El Informe Final deberá contener, como mínimo: alcance de la certificación; normas aplicadas; metodología utilizada; requisitos revisados; no conformidades identificadas; estado de cierre de las no conformidades; restricciones operacionales (si existen); conclusión respecto de la aptitud del Material Rodante para iniciar la Puesta en Servicio Comercial.

10.4 Todos los informes emitidos por el organismo certificador harán parte del Plan Integral de Material Rodante.

10.5 Toda la información respecto al proceso de Certificación y Diseño, Fabricación y Pruebas del Material Rodante deberá estar a disposición, en todo momento, de la Interventoría y la EFR. El Concesionario no podrá ocultar o negar el acceso a ninguna de las informaciones relacionadas con esto.

SECCIÓN 11 – EFECTOS DE LA CERTIFICACIÓN

11.1 La Puesta en Servicio Comercial del Material Rodante requerirá la emisión favorable del Informe Final de Certificación Independiente.

11.2 La certificación independiente del Material Rodante, no sustituirá ni eximirá al Concesionario del cumplimiento de las demás homologaciones, certificaciones, autorizaciones o aprobaciones exigidas por la normativa aplicable o por el Contrato.

11.3 La emisión de un informe favorable por parte del organismo certificador no limitará ni reducirá la responsabilidad del Concesionario respecto del cumplimiento de las obligaciones establecidas en el Contrato.

CAPÍTULO IV – REQUISITOS DE DISEÑO Y FUNCIONALES DEL MATERIAL RODANTE

SECCIÓN 12 – PRINCIPIOS GENERALES DE DISEÑO

12.1 El Material Rodante deberá diseñarse como un sistema ferroviario integrado, garantizando su compatibilidad funcional, física y operacional con la totalidad de la infraestructura, instalaciones y sistemas del Proyecto durante toda la vigencia de la Concesión.

12.2 El diseño del Material Rodante deberá desarrollarse con un enfoque basado en desempeño, ciclo de vida y neutralidad tecnológica, privilegiando soluciones que optimicen la seguridad operacional, la confiabilidad, la disponibilidad, la mantenibilidad, la eficiencia energética, la accesibilidad universal, la sostenibilidad y el costo del ciclo de vida.

12.3 El Material Rodante deberá diseñarse de forma modular y estandarizada, facilitando la inspección, el mantenimiento, la sustitución de componentes, la actualización tecnológica y la gestión de obsolescencia durante toda la Concesión.

12.4 El Concesionario será responsable de seleccionar la arquitectura, tecnologías, materiales, equipos y soluciones de ingeniería que considere más adecuados para cumplir los requisitos establecidos en el Contrato, asumiendo íntegramente los riesgos derivados de dichas decisiones.

12.5 El diseño del Material Rodante deberá prever reservas suficientes de capacidad física, estructural, eléctrica, neumática, de procesamiento y de arquitectura funcional, que permitan futuras renovaciones, modernizaciones, actualizaciones tecnológicas e incorporación de

nuevos equipos, dispositivos, aplicaciones, funcionalidades o sistemas, sin afectar la seguridad, la interoperabilidad, el desempeño ni la certificación del sistema.

12.6 El Material Rodante deberá diseñarse considerando las condiciones de operación, mantenimiento, rehabilitación, repotenciación y reversión previstas para el Proyecto, de manera que preserve el cumplimiento de los niveles de servicio durante toda la vigencia de la Concesión.

SECCIÓN 13 – REQUISITOS FUNCIONALES Y RESTRICCIONES DEL PROYECTO

13.1 Los parámetros establecidos en el presente Capítulo constituyen las condiciones mínimas de diseño del Proyecto y deberán ser considerados por el Concesionario durante el diseño, fabricación, integración, certificación, pruebas, operación, mantenimiento y renovación del Material Rodante.

13.2 Cuando el Concesionario identifique condiciones adicionales necesarias para garantizar el adecuado desempeño del Material Rodante, deberá incorporarlas dentro de su solución técnica sin que ello genere modificaciones al Contrato o reconocimiento de costos adicionales.

13.3 Corresponderá al Concesionario verificar la totalidad de las condiciones de diseño e interfaces del Proyecto y demostrar su compatibilidad mediante cálculos, simulaciones, análisis de ingeniería, certificaciones, ensayos y pruebas, independientemente de los parámetros mínimos establecidos en el presente Apéndice.

Tabla 1. Requisitos y disposiciones de la configuración del Material Rodante

Parámetro	**Requisito**
Tipo de sistema	Servicio urbano/semiurbano
Tipo de operación	Servicio ferroviario bidireccional de pasajeros
Configuración operacional	Unidad Doble con posibilidad de operación en Unidad Simple
Trocha	1.435mm
Sistema de alimentación eléctrica	Alimentación aérea mediante línea aérea de contacto (catenaria)
Tensión nominal de alimentación	1.500 V en corriente continua (CC)
Tipo de captación	Pantógrafo

Longitud útil de andenes disponible	105m
Longitud de la configuración de Material Rodante	Será definida por el Concesionario, quien deberá garantizar su compatibilidad con la infraestructura y los sistemas del Proyecto. Si la longitud propuesta requiere adecuaciones de la infraestructura, estas deberán ser diseñadas, ejecutadas y asumidas por el Concesionario, sin generar costos adicionales para la EFR ni afectar el cumplimiento de las obligaciones contractuales
Radio mínimo de diseño	25m en talleres; 50m en vía comercial
Pendiente máxima	5%
Velocidad minima máxima de operación	≥ 80km/h
Carga máxima por eje	≤12.5 t/eje
Ancho máximo del Tren	2.65m
Aceleración/Frenado	1.1m/s² – 1,3m/s²
Altura máxima del Tren	4.9m
Vida útil mínima del Material Rodante	30 años, sin perjuicio de las renovaciones, repotenciaciones y actualizaciones tecnológicas requeridas durante la Concesión
Volúmen Máximo Requerido de pasajeros en Hora Pico (estación más cargada)	10.000pphpd
Nivel de Confort	*EL6*
Headway aceptable en hora pico en el punto de máxima carga	4:15 – 6 minutos
Condiciones ambientales	Temperatura, humedad, precipitación, altitud, radiación solar, contaminación y demás condiciones climáticas del corredor
Régimen de operación	Conforme al Plan Operacional del Proyecto

13.4 El Material Rodante deberá diseñarse para operar de manera continua y segura bajo las condiciones ambientales existentes a lo largo del corredor ferroviario, incluyendo temperatura, humedad relativa, altitud, radiación solar, precipitación, polvo, contaminación atmosférica y demás condiciones climáticas previsibles durante el Plazo de la Concesión.

SECCIÓN 14 – MODULARIDAD DEL MATERIAL RODANTE

14.1 El Concesionario será responsable de definir la arquitectura, composición y modularidad del Material Rodante, siempre que la solución propuesta garantice el cumplimiento de la totalidad de los requisitos establecidos en el Contrato y en el presente Apéndice.

14.2 La solución adoptada deberá optimizar la capacidad de transporte, la flexibilidad operacional, la disponibilidad de la flota, la eficiencia en el mantenimiento y el costo del ciclo de vida del Material Rodante.

14.3 Sin perjuicio de la solución técnica propuesta por el Concesionario, el Material Rodante deberá permitir la operación en Unidad Doble como configuración operacional normal del Proyecto.

14.4 Cada Unidad deberá ser completamente funcional y deberá poder operar de manera independiente cuando las condiciones operacionales así lo requieran. Es decir, el Material Rodante deberá permitir el acople y desacople de las Unidades para adecuar la oferta de transporte a las condiciones operacionales y de demanda del Proyecto.

14.5 Todas las Unidades de la flota deberán ser completamente compatibles entre sí. Cualquier Unidad deberá poder acoplarse y operar con cualquier otra Unidad perteneciente a la flota, sin restricciones derivadas de versiones de software, firmware, modificaciones, renovaciones o actualizaciones tecnológicas.

14.6 Las operaciones de acople y desacople deberán realizarse mediante sistemas automáticos, sin requerir modificaciones permanentes del Material Rodante ni afectar las condiciones de seguridad del Proyecto.

14.7 El Concesionario propondrá el procedimiento y los tiempos máximos requeridos para dichas operaciones como parte del Plan Operacional del que trata el Apéndice Técnico 16.

14.8 Toda Unidad adicional incorporada durante la Concesión deberá mantener plena compatibilidad mecánica, eléctrica, funcional, operacional y de comunicaciones con la flota existente.

SECCIÓN 15 – REQUISITOS DE CAPACIDAD DE TRANSPORTE

15.1 El Material Rodante deberá proporcionar la capacidad de transporte necesaria para satisfacer la oferta que atienda la demanda prevista para el Proyecto durante todo el Plazo de la Concesión, conforme a los niveles de servicio, frecuencias, tiempos de viaje y objetivos operacionales establecidos en el Contrato y sus respectivos apéndices.

15.2 La capacidad del Material Rodante deberá demostrarse utilizando los criterios de: Capacidad en Carga Normal (CCN); Capacidad en Carga Máxima (CCM); y, Capacidad en Carga Excepcional (CCE).

15.3 La arquitectura interior deberá optimizar simultáneamente la capacidad de transporte, los flujos de circulación de pasajeros, los tiempos de intercambio en estaciones, la accesibilidad universal, la seguridad operacional y el confort de viaje.

15.4 El número de asientos será definido por el Concesionario, siempre que se cumpla la Tasa de Confort mínima establecida en el presente Apéndice.

15.5 El Concesionario será responsable de demostrar que la capacidad ofertada y la configuración interior seleccionada permiten satisfacer la oferta que atienda la demanda prevista, de acuerdo con el presente Apéndice.

15.6 Las áreas multifuncionales deberán permitir el transporte de usuarios con movilidad reducida, coches infantiles y demás elementos previstos para la operación del Proyecto, sin afectar la capacidad de evacuación ni la seguridad operacional.

SECCIÓN 16 – CAPACIDAD DE TRANSPORTE REQUERIDA

16.1 La Capacidad en Carga Normal (CCN) del Material Rodante deberá ser suficiente para satisfacer la oferta que atienda la demanda prevista dentro del headway objetivo establecido para el Proyecto y conforme el Apéndice Técnico 16.

16.2 La capacidad ofertada deberá considerar escenarios de demanda normal, demanda pico y condiciones operacionales degradadas razonablemente previsibles.

16.3 La obligación del Concesionario es de resultado y comprende la capacidad efectivamente disponible para la prestación del Servicio.

SUBSECCIÓN 16.1 – CAPACIDAD EN CARGA NORMAL (CCN)

16.1.1 La Capacidad en Carga Normal (CCN) constituye la referencia principal para el dimensionamiento de la oferta de transporte del Proyecto.

16.1.2 La CCN corresponderá al número total de pasajeros transportados considerando:

16.1.3 la totalidad de los asientos disponibles para pasajeros; y

16.1.4 una densidad de ocupación de pasajeros de pie equivalente a seis (6) pasajeros por metro cuadrado (EL6).

16.1.5 La CCN será utilizada para la planificación operacional, la evaluación de capacidad ofertada y la determinación de indicadores de confort.

SUBSECCIÓN 16.2 – CAPACIDAD EN CARGA MÁXIMA (CCM)

16.2.1 La Capacidad en Carga Máxima (CCM) corresponderá al número total de pasajeros transportados considerando:

16.2.2 la totalidad de los asientos disponibles; y

16.2.3 una densidad de ocupación de ocho (8) pasajeros por metro cuadrado (EL8).

16.2.4 La CCM constituirá la condición de referencia para la evaluación del desempeño dinámico, aceleración, frenado y carga por eje.

SUBSECCIÓN 16.3 – CAPACIDAD EN CARGA EXCEPCIONAL (CCE)

16.3.1 La Capacidad en Carga Excepcional (CCE) corresponderá al número total de pasajeros transportados considerando:

16.3.2 la totalidad de los asientos disponibles

16.3.3 una densidad de ocupación de pasajeros, de acuerdo con los criterios normativos que apliquen para el estándar de diseño y pruebas de los sistemas.

16.3.4 La CCE se utilizará exclusivamente para fines de diseño estructural, verificación de seguridad y validación de condiciones extremas de operación, incluyendo escenarios conservadores o de sobrecarga previsibles.

SECCIÓN 17 – REQUISITOS DE LA CONFIGURACIÓN OPERACIONAL DEL MATERIAL RODANTE

17.1 Como condición general de operación del Proyecto, el Servicio Comercial deberá prestarse mediante Trenes conformados por dos (2) Unidades acopladas (Unidad Doble).

17.2 El Material Rodante deberá diseñarse y suministrarse de forma que permita dicha configuración como condición normal de explotación durante toda la vigencia de la Concesión.

17.3 Tal y como indicado en el Apéndice Técnico 16, la posibilidad de operar mediante Unidad Simple constituye un mecanismo de flexibilidad operacional del Proyecto y no implicará una modificación en la asignación de riesgos del Contrato.

17.4 Las diferencias en el kilometraje, los ciclos de operación, el desgaste de componentes o las necesidades de mantenimiento derivadas de la operación en Unidad Simple o Unidad Doble harán parte de la gestión ordinaria del Material Rodante y serán de exclusiva responsabilidad del Concesionario. Dichas diferencias no constituirán causal para modificar la asignación de riesgos del Contrato, solicitar compensaciones económicas, ampliar plazos o reducir las obligaciones de desempeño del Material Rodante.

17.5 En consecuencia, dicha circunstancia no eximirá al Concesionario de cumplir las obligaciones contractuales relacionadas con la disponibilidad del Material Rodante, la capacidad ofertada, los niveles de servicio, los indicadores de desempeño, la disponibilidad, la confiabilidad, la seguridad operacional ni cualquier otra obligación establecida en el Contrato.

17.6 Asimismo, la operación en Unidad Simple no dará lugar al reconocimiento de mayores costos, compensaciones, ampliaciones de plazo o reclamaciones económicas por parte del Concesionario.

17.7 El Material Rodante deberá adoptar una arquitectura modular que facilite la operación, el mantenimiento, la gestión de activos, la actualización tecnológica y la adaptación a cambios en la demanda.

17.8 La composición modular interna de cada Unidad, incluyendo el número, función, distribución y características de los Módulos que lo conforman, corresponderá a la Plataforma de Material Rodante seleccionada por el Concesionario en su Plan Integral de Material Rodante.

17.9 Los Módulos podrán desempeñar funciones de tracción, remolque, cabecera, equipos auxiliares, transporte de pasajeros u otras funciones requeridas para la prestación del Servicio.

17.10 Cuando el Material Rodante adopte una configuración articulada, los Módulos deberán estar conectados mediante articulaciones permanentes o semipermanentes que permitan el paso seguro de pasajeros entre ellos.

17.11 Las articulaciones deberán cumplir los requisitos establecidos en la norma EN 16286-1 o en otra norma internacional equivalente reconocida, sin perjuicio de las actualizaciones normativas aplicables.

17.12 El Concesionario deberá demostrar que la configuración modular propuesta permite mantener los niveles de desempeño exigidos durante toda la vigencia de la Concesión.

CAPÍTULO V – OPERACIÓN Y SEGURIDAD

SECCIÓN 18 – REQUISITOS DE SEGURIDAD OPERACIONAL Y SEGURIDAD DEL PASAJERO

18.1 El Material Rodante deberá diseñarse, fabricarse, integrarse, operarse y mantenerse de manera que garantice un nivel de seguridad compatible con los objetivos de seguridad operacional del Proyecto durante todo su ciclo de vida, de conformidad con las normas EN 50126, EN 50129, las Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad (TSI) aplicables y las demás normas definidas en el Apéndice Técnico 2.

18.2 El Material Rodante deberá incorporar los sistemas, equipos, dispositivos y funcionalidades necesarios para prevenir accidentes, reducir la probabilidad de ocurrencia de eventos peligrosos, mitigar sus consecuencias y facilitar una respuesta eficaz frente a condiciones normales, degradadas y de emergencia.

18.3 Todos los sistemas relacionados con la seguridad deberán diseñarse conforme a los principios de seguridad intrínseca, defensa en profundidad, redundancia, tolerancia a fallas y estado seguro ante falla (*fail-safe*).

18.4 Cuando una norma técnica resulte aplicable únicamente a una determinada configuración, tecnología o tipología de Material Rodante, el Concesionario deberá cumplirla siempre que la solución propuesta se encuentre dentro de su ámbito de aplicación. En caso contrario, deberá aplicar la norma internacional equivalente que corresponda o demostrar que la solución adoptada proporciona un nivel de seguridad igual o superior.

SECCIÓN 19 – PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

19.1 El Concesionario deberá dotar al Material Rodante de sistemas de prevención, detección, alarma, contención y respuesta frente a incendios, adecuados para las características operacionales del Proyecto, y de acuerdo con la Ley aplicable.

19.2 El Material Rodante deberá incorporar sistemas automáticos de detección de humo y fuego en:

a) zona de pasajeros;
b) cabinas de conducción;
c) compartimentos técnicos;

d) equipos eléctricos de potencia;
e) sistemas de almacenamiento de energía, cuando existan;
f) cualquier otra zona identificada como crítica mediante el análisis de riesgos.
g) Los sistemas de detección deberán:
h) identificar el área afectada;
i) transmitir alarmas al maquinista;
j) transmitir alarmas al CCO;
k) permitir distintos niveles de alarma y severidad;
l) registrar los eventos detectados.

19.3 El Material Rodante deberá incorporar sistemas activos de extinción en aquellos compartimentos donde el análisis de riesgos demuestre su necesidad.

19.4 Los sistemas activos de extinción deberán diseñarse de manera que controlen o supriman el incendio en su fase inicial, limiten su propagación a otros compartimentos y mantengan condiciones de seguridad suficientes para permitir la detención controlada del Material Rodante, la evacuación segura de los pasajeros y la actuación del personal operativo y de los servicios de emergencia, de conformidad con los objetivos de desempeño establecidos en la serie EN 45545

19.5 El Material Rodante deberá disponer de extintores portátiles ubicados estratégicamente en cabinas y zonas de pasajeros, con monitoreo de disponibilidad cuando técnicamente resulte viable.

19.6 Todos los materiales, componentes, sistemas y equipos instalados en el Material Rodante deberán cumplir los requisitos de comportamiento frente al fuego establecidos en la serie EN 45545, cuando dicha norma resulte aplicable a la configuración del Material Rodante seleccionada, o en otra norma internacional equivalente reconocida que proporcione un nivel de seguridad igual o superior.

19.7 El Concesionario deberá desarrollar un Plan de Seguridad integrado con el Plan de Gestión de Riesgos y Contingencias y los procedimientos de evacuación, de acuerdo con lo establecido contractualmente.

SECCIÓN 20 – CRASHWORTHINESS Y PROTECCIÓN PASIVA

20.1 Cuando la configuración del Material Rodante seleccionada se encuentre dentro del ámbito de aplicación de la norma EN 15227, el Concesionario deberá cumplir los requisitos de resistencia a colisión (Crashworthiness) establecidos en dicha norma.

20.2 Cuando la EN 15227 no resulte aplicable por la naturaleza de la solución propuesta, el Concesionario deberá justificar técnicamente la norma internacional adoptada y demostrar que proporciona un nivel equivalente o superior de protección para pasajeros, personal operativo y equipos críticos.

20.3 El diseño estructural deberá preservar la integridad de los espacios ocupados por pasajeros y personal operativo durante los escenarios de colisión considerados aplicables al Proyecto.

SECCIÓN 21 – REGISTRADOR DE EVENTOS

21.1 El Concesionario deberá instalar un Registrador de Eventos (Event Recorder) capaz de registrar de forma continua, trazable y segura los parámetros operacionales relevantes del Material Rodante.

21.2 El Registrador de Eventos deberá cumplir la norma IEEE 1482.1 o la especificación internacional equivalente aplicable al sistema ferroviario propuesto.

21.3 El Registrador deberá registrar, como mínimo:

a) velocidad
b) posición
c) comandos de conducción
d) estados de tracción
e) estados de frenado
f) estado de puertas
g) intervenciones del ATP/ATC
h) actuaciones del hombre-muerto
i) alarmas críticas;
j) eventos de seguridad relevantes.
k) El sistema deberá garantizar:
l) integridad de la información
m) trazabilidad

n) sincronización temporal

o) protección contra alteraciones no autorizadas

21.4 La capacidad de almacenamiento deberá ser suficiente para soportar investigaciones técnicas, sin ser inferior a treinta (30) días de operación continua salvo que una normativa posterior exija un período superior.

21.5 El Registrador deberá resistir condiciones de impacto, incendio, vibración y humedad compatibles con las condiciones operacionales del Proyecto.

21.6 La EFR y la Interventoría deberán disponer de acceso constante y permanente a la información registrada para fines de auditoría, investigación y supervisión, de acuerdo con el Apéndice Técnico 3.

SECCIÓN 22 – PROTECCIÓN ANTIDESLIZAMIENTO Y ANTIPATINAJE

22.1 El Concesionario deberá incorporar sistemas automáticos de protección contra patinaje y deslizamiento de ruedas integrados con los sistemas de tracción y frenado.

22.2 Los sistemas deberán optimizar la utilización de la adherencia disponible y minimizar:

a) la formación de planos;

b) daños en ruedas;

c) daños en carriles;

d) pérdidas de capacidad de frenado;

e) pérdidas de capacidad de tracción.

f) Los sistemas deberán cumplir UIC 541-05 o una norma internacional equivalente reconocida.

22.3 La verificación del cumplimiento se realizará conforme a lo establecido en el presente Apéndice y en el Apéndice Técnico 17.

SECCIÓN 23 – VIGILANCIA DEL MAQUINISTA

23.1 Cada cabina de conducción deberá disponer de un Sistema de Vigilancia del Maquinista capaz de detectar la ausencia de actividad, incapacidad o pérdida de atención del conductor. Este sistema deberá considerar, al menos, la existencia del dispositivo o gatillo de detección de Hombre Muerto.

23.2 El sistema deberá cumplir los requisitos funcionales establecidos en la UIC 641, dependiendo de la configuración de Material Rodante propuesta.

23.3 El sistema deberá generar advertencias progresivas y, en ausencia de respuesta, aplicar automáticamente las acciones de seguridad definidas para el Proyecto.

23.4 Como mínimo, el sistema deberá ser capaz de iniciar automáticamente una secuencia de frenado de emergencia cuando se verifique la pérdida de supervisión efectiva del tren por parte del maquinista.

23.5 El sistema deberá integrarse con los sistemas ATP, ATC, ATO o equivalentes que formen parte del Proyecto.

23.6 El diseño y validación del sistema deberán formar parte de la demostración de seguridad desarrollada bajo el marco RAMS.

SECCIÓN 24 – FRENADO DE EMERGENCIA

24.1 El Material Rodante deberá disponer de un sistema de frenado que garantice la detención segura del tren bajo todas las condiciones normales, degradadas y de emergencia previstas para el Proyecto, de conformidad con las normas EN 14198, EN 14531, UIC 540, UIC 541 o aquellas normas internacionales equivalentes que resulten aplicables a la configuración del Material Rodante seleccionada.

24.2 El sistema de frenado deberá comprender, como mínimo:

a) freno de servicio;
b) freno de emergencia;
c) freno de estacionamiento; y
d) los sistemas automáticos de protección, supervisión y control necesarios para garantizar su funcionamiento seguro.

24.3 El sistema de frenado de emergencia deberá ser independiente de los comandos normales de conducción y podrá activarse, como mínimo, por:

a) el maquinista;
b) los sistemas ATP, ATC, ATO
c) los dispositivos automáticos de seguridad embarcados; y
d) la lógica de protección del Material Rodante cuando se detecten condiciones críticas de seguridad.

24.4 El sistema deberá diseñarse conforme a los principios de redundancia, tolerancia a fallas y estado seguro ante falla (*fail-safe*), garantizando que la pérdida de un componente o subsistema no comprometa la capacidad de detener el Material Rodante en condiciones seguras.

24.5 El Material Rodante deberá disponer de un sistema de freno de estacionamiento independiente del freno de servicio, capaz de mantener inmovilizado el tren, en condición de carga máxima, sobre la pendiente máxima prevista para el corredor.

24.6 El sistema de frenado deberá diseñarse de manera que, ante la pérdida de alimentación eléctrica, del medio de actuación del freno o de cualquier falla crítica que pueda comprometer su capacidad de frenado, el Material Rodante evolucione automáticamente hacia una condición segura, conforme a la filosofía *fail-safe* y siguiendo los lineamientos RAMS del Proyecto.

24.7 El sistema deberá incorporar indicación permanente del estado de los frenos en la cabina de conducción y permitir la liberación controlada del freno de estacionamiento únicamente mediante procedimientos seguros para maniobras de mantenimiento, rescate o remolque.

24.8 Todas las actuaciones del sistema de frenado de emergencia, incluyendo su activación, liberación, inhibición y cualquier condición anómala relevante, deberán registrarse automáticamente en el Registrador de Eventos.

24.9 Los requisitos específicos relativos al desempeño del sistema de frenado, incluyendo las prestaciones de frenado, las distancias de detención, las desaceleraciones, la validación funcional, los ensayos, los criterios de aceptación y las demás evidencias de cumplimiento, deberán seguir lo indicado en el Apéndice Técnico 17 y los lineamientos RAMS del proyecto.

SECCIÓN 25 – OPERACIÓN EN MODO DEGRADADO

25.1 El Material Rodante deberá mantener la capacidad de operación segura ante fallas individuales razonablemente previsibles de componentes o subsistemas.

25.2 El Concesionario deberá identificar y documentar los modos degradados de operación considerados en el diseño.

25.3 La pérdida de un equipo o subsistema no deberá generar riesgos para la seguridad ni impedir la evacuación segura de pasajeros.

CAPÍTULO VI – ASPECTOS MECÁNICOS Y ESTRUCTURALES

SECCIÓN 26 – REQUISITOS MÍNIMOS DE LAS CONFIGURACIONES OPERACIONALES Y LOS SISTEMAS DE ACOPLE/DESACOPLE

26.1 El Contrato no impone una configuración específica de arquitectura determinada del Material Rodante. Corresponderá al Concesionario definir las unidades ferroviarias y la configuración operacional de la flota, siempre que se garantice el cumplimiento integral de los requisitos establecidos en el Contrato y sus Apéndices.

26.2 En cualquier caso, las Unidades propuestas deberán poder acoplarse y desacoplarse de manera segura, manteniendo la plena funcionalidad de los sistemas de tracción, frenado, control, comunicaciones y demás sistemas embarcados necesarios para la operación conjunta.

26.3 Toda Unidad deberá poder operar de forma independiente, disponer de cabinas de conducción plenamente operativas en ambos extremos, permitiendo su circulación autónoma en cualquiera de los sentidos de operación.

26.4 Los sistemas de acople deberán garantizar la integración mecánica, eléctrica, neumática y de comunicaciones entre las unidades ferroviarias, asegurando la transmisión segura de energía, señales de control, información operativa y demás funciones necesarias para su operación integrada.

26.5 Los sistemas de acople y desacople deberán cumplir los requisitos establecidos en la norma aplicable de conformidad con lo previsto en el Apéndice Técnico 2.

26.6 El diseño de los sistemas de acople y desacople deberá permitir la ejecución segura, confiable y eficiente de las maniobras previstas para la operación comercial, la recuperación ante incidentes, el mantenimiento y las maniobras en patios y cocheras.

26.7 El Concesionario deberá utilizar, como regla general de operación, Unidades desacopladas durante los períodos de demanda valle y durante los fines de semana, y Unidades acopladas en hora pico durante semana, sin perjuicio del cumplimiento del establecido en el Apéndice Técnico 16.

26.8 La estrategia de acople y desacople de las Unidades, incluyendo los horarios, períodos de aplicación, criterios operacionales y eventuales excepciones, deberá estar expresamente incorporada en el Plan de Operación conforme Apéndice Técnico 16.

26.9 Cualquier modificación a la programación prevista para la utilización de Unidades desacopladas en períodos valle o fines de semana, así como cualquier excepción operacional de carácter permanente o temporal, deberá ser debidamente justificada por el Concesionario e incorporada al Plan de Operación, requiriendo la previa No Objeción de la Interventoría.

26.10 Las operaciones de acople y desacople no deberán comprometer la seguridad de los pasajeros, del personal operativo ni la integridad del Material Rodante y deberán realizarse conforme a los procedimientos operacionales y de mantenimiento desarrollados por el Concesionario, sin perjuicio de las condiciones operativas, pruebas y validaciones previstas para tales fines.

SECCIÓN 27 – REQUISITOS DE BOGIES O EJES DE RODADURA

27.1 Los bogies o ejes deberán ser de un diseño optimizado para operar en la infraestructura del Proyecto, de ancho de vía de 1.435 mm, considerando las características geométricas del trazado, incluyendo la operación en curvas de radio reducido, transiciones, pendientes y las condiciones dinámicas previstas para el servicio. Su diseño deberá cumplir con los requisitos establecidos en la norma EN 15827 – Railway applications – Requirements for bogies and running gears (Aplicaciones ferroviarias – Requisitos para bogies y sistemas de rodadura), o una norma internacional equivalente.

27.2 El diseño de los bogies o ejes de rodadura deberá optimizar simultáneamente la seguridad operacional, la estabilidad dinámica, el confort de marcha, la mantenibilidad, la disponibilidad y el costo del ciclo de vida del Material Rodante.

27.3 La configuración de bogies, ejes, ruedas, suspensiones, sistemas de guiado y demás elementos de rodadura será definida por el Concesionario, siempre que se garantice el cumplimiento integral de los requisitos establecidos en el presente Apéndice.

27.4 El diseño de los bogies o ejes deberá basarse en prácticas internacionalmente reconocidas y en experiencia de explotación comprobada.

SECCIÓN 28 – CONFIGURACIÓN DE BOGIES O EJES

28.1 El Material Rodante deberá disponer de la configuración de bogies o ejes que resulte necesaria para garantizar el cumplimiento de los requisitos operacionales, funcionales, de

seguridad y desempeño establecidos para el Proyecto. El Concesionario podrá adoptar bogies o ejes motrices, bogies o ejes portantes (de remolque) o cualquier otra configuración técnicamente justificada, siempre que se garantice el cumplimiento de las obligaciones establecidas en el Contrato.

28.2 La cantidad, disposición y características de los bogies o ejes deberán ser suficientes para garantizar:

a) La operación normal del Material Rodante
b) La operación bajo condiciones degradadas razonablemente previsibles
c) El cumplimiento de los requisitos de aceleración, frenado y adherencia
d) El cumplimiento de los requisitos de carga por eje
e) La seguridad operacional durante todo el ciclo de vida del Material Rodante.

SECCIÓN 29 – COMPATIBILIDAD CON LA INFRAESTRUCTURA

29.1 Los bogies o ejes deberán garantizar una adecuada inscripción dinámica en toda la infraestructura ferroviaria del Proyecto.

29.2 El Material Rodante deberá poder circular de forma segura sobre:

a) los radios mínimos de curvatura de la vía principal;
b) los radios mínimos de curvatura presentes en patios y talleres;
c) aparatos de vía, escapes y desvíos;
d) cualquier otra condición geométrica prevista para la infraestructura del Proyecto.

29.3 Ninguna configuración de bogies o ejes podrá generar restricciones operacionales adicionales a las previstas en los diseños del Proyecto.

SECCIÓN 30 – GEOMETRÍA DE RODADURA

30.1 La distancia entre ejes de los bogies deberá estar dimensionada de forma que minimice el desgaste de ruedas, carriles y demás componentes de la interfaz rueda–riel a lo largo del ciclo de vida del sistema.

30.2 El diseño de rodadura deberá optimizar la estabilidad dinámica, la inscripción en curva y la reducción de esfuerzos transmitidos a la infraestructura.

30.3 La distancia interior entre ruedas, el perfil de rueda y los parámetros geométricos asociados deberán ser plenamente compatibles con:

a) El ancho de vía UIC estándar de 1.435 mm;
b) la geometría de vía definida para el Proyecto;
c) los requisitos de interoperabilidad aplicables.

30.4 El Concesionario deberá definir, justificar y documentar los perfiles de rueda, criterios de reperfilado, límites de desgaste y estrategias de mantenimiento asociados al Material Rodante, de forma tal que se garantice una adecuada interacción rueda–riel durante toda la vida útil del sistema, minimizando el desgaste de la infraestructura y del Material Rodante, y asegurando el cumplimiento de los requisitos de seguridad, confiabilidad, disponibilidad, confort de marcha y costos de ciclo de vida establecidos para el Proyecto.

30.5 La selección de los perfiles de rueda y de los criterios de reperfilado deberá sustentarse mediante análisis de dinámica ferroviaria, estudios de interacción rueda–riel, simulaciones de desgaste y cualquier otra evaluación técnica que resulte pertinente, considerando las características de la infraestructura, la geometría de vía, las condiciones de operación, las velocidades de diseño y las estrategias de mantenimiento propuestas.

SECCIÓN 31 – SUSPENSIÓN Y COMPORTAMIENTO DINÁMICO

31.1 Los sistemas de suspensión primaria y secundaria deberán garantizar niveles adecuados de estabilidad, seguridad y confort de marcha en todas las condiciones operacionales previstas para el Proyecto.

31.2 El diseño de suspensión deberá limitar la transmisión de vibraciones y esfuerzos dinámicos a los pasajeros, al personal operativo y a la infraestructura ferroviaria.

31.3 Los parámetros de suspensión deberán ser compatibles con los requisitos de confort dinámico establecidos en la Sección correspondiente del presente Apéndice.

31.4 El Material Rodante deberá mantener condiciones adecuadas de estabilidad frente a variaciones de carga, desgaste de componentes y condiciones ambientales previsibles.

SECCIÓN 32 – MANTENIBILIDAD DE LOS BOGIES

32.1 Todas las piezas sujetas a desgaste periódico deberán ser accesibles para inspección, mantenimiento, sustitución y ajuste.

32.2 El diseño de los bogies deberá facilitar las actividades de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo.

32.3 Los principales componentes de desgaste deberán poder sustituirse sin requerir desmontajes complejos o intervenciones que afecten innecesariamente la disponibilidad de la flota.

32.4 El Concesionario deberá demostrar que la arquitectura seleccionada permite alcanzar niveles adecuados de mantenibilidad, disponibilidad operacional, confiabilidad, seguridad, eficiencia en las actividades de mantenimiento y optimización de los costos de ciclo de vida, considerando las condiciones específicas de operación, la estrategia de mantenimiento propuesta, la disponibilidad de repuestos, la obsolescencia tecnológica y las capacidades de los talleres del Proyecto.

32.5 Los requisitos específicos de mantenimiento, confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad se desarrollan siguiendo los lineamientos RAMS del Proyecto.

SECCIÓN 33 – INTERFAZ RUEDA–RIEL

33.1 Sin perjuicio de lo establecido en el Apéndice Técnico 18, todos los componentes de la interfaz Rueda-Riel, serán responsabilidad exclusiva del Concesionario.

33.2 El diseño de la interfaz rueda–riel deberá minimizar el desgaste de ruedas, carriles y componentes asociados.

33.3 El Material Rodante deberá diseñarse para minimizar:

a) desgaste ondulatorio
b) desgaste lateral
c) generación excesiva de ruido
d) vibraciones inducidas por la rodadura
e) fenómenos de inestabilidad dinámica

33.4 El Concesionario deberá demostrar, mediante los estudios, simulaciones, análisis de desempeño y demás soportes técnicos que resulten aplicables, que la solución propuesta es compatible con los objetivos de conservación, durabilidad, disponibilidad y mantenibilidad de la infraestructura definidos para el Proyecto, considerando tanto los impactos inmediatos como los efectos acumulativos a lo largo de la vida útil de diseño.

33.5 El Concesionario deberá demostrar que la solución adoptada no genera incrementos injustificados en los requerimientos de mantenimiento, en los niveles de desgaste de la

infraestructura, ni en los costos de ciclo de vida asociados a la vía, aparatos de vía, estructuras, sistemas ferroviarios u otros activos del Proyecto.

SECCIÓN 34 – GESTIÓN DE ADHERENCIA RUEDA–RIEL

34.1 El Material Rodante deberá disponer de sistemas automáticos de gestión de adherencia rueda–rieles capaces de garantizar condiciones seguras de tracción y frenado durante la operación.

34.2 El sistema deberá mantener la capacidad de operación en pendientes de hasta cinco por ciento (5%) bajo condiciones de adherencia degradada, incluyendo, entre otras:

a) vía húmeda;
b) presencia de hojas;
c) contaminación superficial de la vía;
d) otras condiciones ambientales adversas razonablemente previsibles.

34.3 El sistema deberá:

a) detectar automáticamente condiciones de patinaje y deslizamiento
b) actuar sobre los ejes responsables de la tracción y el frenado
c) activar automáticamente las medidas correctivas necesarias
d) permitir la activación manual por parte del maquinista cuando corresponda.

34.4 Los sistemas que requieran materiales consumibles deberán disponer de autonomía suficiente para cubrir la jornada operacional prevista sin necesidad de reabastecimiento intermedio.

SECCIÓN 35 – PROTECCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA Y COMPATIBILIDAD DINÁMICA

35.1 El Concesionario deberá demostrar que las cargas estáticas, dinámicas y cuasiestáticas transmitidas por el Material Rodante a la infraestructura son compatibles con los criterios de diseño de la vía, estructuras, aparatos de vía y demás elementos ferroviarios del Proyecto.

35.2 La evaluación de compatibilidad deberá considerar, como mínimo:

a) cargas por eje;
b) cargas dinámicas verticales;
c) cargas laterales;

d) esfuerzos longitudinales;
e) comportamiento en curvas;
f) Transiciones y Aparatos de vía
g) interacción rueda–riel;
h) efectos de frenado y aceleración;
i) efectos derivados de condiciones degradadas razonablemente previsibles.

35.3 El cumplimiento de los límites máximos de carga por eje establecidos en los respectivos Apéndices, no eximirá al Concesionario de demostrar que la solución propuesta resulta compatible con los objetivos de conservación de la infraestructura y no genera deterioros superiores a los considerados en el diseño del Proyecto.

35.4 El Concesionario deberá implementar estrategias de diseño y mantenimiento orientadas a minimizar el desgaste de ruedas, carriles, aparatos de vía y demás elementos de la infraestructura ferroviaria.

35.5 La Interventoría podrá requerir simulaciones dinámicas, estudios de interacción rueda–riel, análisis de cargas o cualquier otra evidencia técnica necesaria para verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos en la presente Sección.

CAPÍTULO VII – SISTEMA DE TRACCIÓN Y COMPORTAMIENTO DINÁMICO

SECCIÓN 36 – REQUISITOS DE TRACCIÓN, FRENADO Y DESEMPEÑO OPERACIONAL

36.1 El Material Rodante deberá disponer de los sistemas de tracción, frenado, control y protección necesarios para garantizar la operación segura, confiable y eficiente del Proyecto durante todo el Plazo de la Concesión.

36.2 Los sistemas de tracción y frenado deberán diseñarse considerando las condiciones normales de operación, los modos degradados razonablemente previsibles, las condiciones ambientales del corredor y los escenarios de emergencia definidos en el Contrato.

36.3 El cumplimiento de los requisitos establecidos en la presente Sección deberá demostrarse mediante cálculos, simulaciones, ensayos y pruebas de aceptación.

SECCIÓN 37 – ARQUITECTURA DE TRACCIÓN

37.1 La arquitectura de tracción será definida por el Concesionario y podrá utilizar cualquier tecnología compatible con los requisitos del Proyecto.

37.2 El sistema de tracción deberá proporcionar la capacidad necesaria para garantizar la operación segura y continua del Material Rodante bajo todas las condiciones operacionales previstas.

37.3 El Material Rodante deberá ser capaz de arrancar, acelerar, mantener velocidad, detenerse y reiniciar la marcha en pendientes de hasta cinco por ciento (5%) tanto en condiciones nominales como en condiciones degradadas razonablemente previsibles.

37.4 El Concesionario deberá demostrar que la arquitectura propuesta permite cumplir los requisitos de capacidad, aceleración, disponibilidad, eficiencia energética y seguridad establecidos en el Contrato.

37.5 La arquitectura seleccionada deberá facilitar las actividades de mantenimiento, gestión de obsolescencia, renovación y actualización tecnológica durante todo el ciclo de vida de la flota.

SECCIÓN 38 – VELOCIDAD DE DISEÑO

38.1 La velocidad de diseño del Material Rodante no podrá ser inferior a ochenta kilómetros por hora (80 km/h), sin perjuicio de que el Concesionario pueda proponer una velocidad superior cuando ello resulte necesario para cumplir los requisitos operacionales del Proyecto.

38.2 El Material Rodante deberá disponer de un margen suficiente sobre la velocidad máxima de operación que permita la realización de las pruebas dinámicas, ensayos de aceptación y verificaciones de desempeño previstas en el Contrato y en el Apéndice Técnico 17.

38.3 La velocidad de diseño deberá alcanzarse y mantenerse garantizando el cumplimiento de los requisitos de seguridad, estabilidad dinámica, confort, interacción vehículo-vía y desempeño establecidos en el presente Apéndice y en los demás Apéndices Técnicos del Contrato.

38.4 El cumplimiento de la velocidad de diseño no eximirá al Concesionario de cumplir los tiempos de recorrido, las velocidades comerciales, los headways y los demás parámetros operacionales establecidos en el Apéndice Técnico 16.

SECCIÓN 39 – ACELERACIÓN

39.1 El Material Rodante deberá desarrollar una aceleración mínima de uno coma uno metros por segundo al cuadrado (1,1 m/s²) entre cero kilómetros por hora (0 km/h) y cuarenta kilómetros por hora (40 km/h).

39.2 El requisito anterior deberá cumplirse bajo las siguientes condiciones:

a) Capacidad en Carga Máxima (CCM)
b) vía recta
c) vía limpia y seca
d) condiciones ambientales representativas del Proyecto.

39.3 El Concesionario podrá proponer aceleraciones superiores cuando ello contribuya al desempeño operacional del Proyecto.

SECCIÓN 40 – FRENADO DE SERVICIO

40.1 El Material Rodante deberá disponer de sistemas de frenado capaces de garantizar una operación segura en todas las condiciones previstas para el Proyecto.

40.2 La desaceleración media de servicio deberá ser igual o superior a uno coma tres metros por segundo al cuadrado (1,3 m/s²).

40.3 El requisito anterior deberá verificarse bajo condiciones de:

a) Capacidad en Carga Máxima (CCM)
b) vía recta
c) vía limpia y seca
d) El sistema de frenado deberá mantener un comportamiento estable, predecible y confortable durante toda la maniobra.
e) El Material Rodante deberá incorporar sistemas de recuperación de energía mediante frenado regenerativo o tecnologías equivalentes.

SECCIÓN 41 – FRENADO DE EMERGENCIA

41.1 El Material Rodante deberá disponer de un sistema de frenado de emergencia capaz de garantizar la detención segura del tren en todas las condiciones normales y degradadas de operación previstas para el Proyecto.

41.2 El sistema de frenado de emergencia deberá diseñarse de forma que permanezca disponible aun ante fallas simples razonablemente previsibles, de conformidad con la normativa aplicable.

41.3 El sistema de frenado de emergencia deberá incorporar los niveles de redundancia, integridad y tolerancia a fallas necesarios para garantizar el cumplimiento de los requisitos de seguridad funcional aplicables.

41.4 La activación del frenado de emergencia deberá tener prioridad sobre los modos normales de conducción y garantizar la aplicación inmediata del esfuerzo de frenado requerido, conforme a la filosofía de seguridad del Sistema Ferroviario.

41.5 El sistema de frenado de emergencia deberá ser compatible con los sistemas de señalización y control ferroviario, así como con los dispositivos de protección del tren previstos para el Proyecto.

SECCIÓN 42 – FRENADO INDEPENDIENTE DE LA ADHERENCIA

42.1 El Material Rodante deberá disponer de capacidad de frenado independiente de la adherencia rueda–riel para situaciones de emergencia y condiciones severas de baja adherencia.

42.2 Dicha capacidad deberá estar disponible en todo el rango operacional del Material Rodante y en el gradiente máximo del trazado.

42.3 El sistema deberá activarse automáticamente durante los frenados de emergencia y cuando las condiciones de adherencia así lo requieran conforme a la lógica de control del vehículo.

42.4 El Concesionario deberá demostrar la efectividad del sistema mediante simulaciones, cálculos y pruebas de aceptación de acuerdo con lo establecido en el contrato.

CAPÍTULO VIII – CARACTERÍSTICAS INTERIORES Y EXTERIORES

SECCIÓN 43 – CONSIDERACIONES INFRAESTRUCTURA– TREN

43.1 La altura del piso del Material Rodante deberá ser compatible con la altura de los andenes definida en los Diseños de Detalle del Proyecto, garantizando el cumplimiento de los requisitos de accesibilidad, seguridad, confort de los pasajeros, tiempos de intercambio y operación establecidos en el Contrato y sus Apéndices.

43.2 El Concesionario tendrá libertad para definir la altura del piso y la solución tecnológica asociada al Material Rodante, siempre que demuestre su compatibilidad integral con la infraestructura del Proyecto y con los niveles de servicio requeridos.

43.3 En particular, el Concesionario deberá evaluar y asumir las implicaciones que su propuesta genere sobre los andenes, gálibos, accesibilidad, sistemas de embarque y desembarque, interfaces tren-andén, sistemas de tracción, geometría de vía, mantenimiento, operación y cualquier otro elemento de la infraestructura o de los sistemas ferroviarios.

43.4 Para usuarios en silla de ruedas, la diferencia entre el piso del vehículo y el andén deberá ser:

43.5 Igual o inferior a treinta milímetros (30 mm) en sentido vertical, con el vehículo en condición de media carga

43.6 Igual o inferior a cincuenta milímetros (50 mm) en sentido horizontal.

43.7 No se admitirán dispositivos móviles de embarque o desembarque para usuarios en silla de ruedas como solución permanente de accesibilidad.

43.8 El diseño deberá permitir el embarque y desembarque autónomo y seguro de pasajeros con movilidad reducida.

SECCIÓN 44 – DISTRIBUCIÓN INTERIOR DEL MATERIAL RODANTE

44.1 La proporción de asientos respecto a la Capacidad en Carga Normal (CCN) deberá ser como mínimo:

44.2 quince por ciento (15%) de asientos fijos

44.3 veinte por ciento (20%) de asientos totales, incluyendo asientos fijos y retráctiles.

44.4 Para efectos del cálculo de la CCN los asientos plegables o retráctiles se considerarán como parte del área útil.

44.5 El ancho libre de cada asiento individual no deberá ser inferior a 430 mm. No obstante, el Concesionario podrá proponer dimensiones o configuraciones alternativas, siempre que

demuestre, mediante análisis técnicos y de capacidad, que dichas soluciones permiten optimizar el aprovechamiento del espacio interior y la capacidad de transporte del Material Rodante, sin afectar negativamente los estándares de confort, accesibilidad, seguridad, ergonomía, calidad del servicio ni la experiencia del usuario establecidos en el Contrato y sus Apéndices. Dichas propuestas, deben contar con la No Objeción por parte de la Interventoría.

44.6 El Material Rodante deberá permitir el transporte de pasajeros sin distinción de edad, género o complexión física, considerando lo establecido en la norma aplicable.

44.7 Sin perjuicio de lo establecido en el Apéndice Técnico 2, los apoyos, pasamanos, asideros, barras de sujeción y demás elementos destinados al apoyo y estabilidad de los pasajeros deberán diseñarse, ubicarse, dimensionarse, señalizarse y disponerse de manera que permitan su utilización segura por todas las personas usuarias, incluidas las Personas con Movilidad Reducida (PMR), de conformidad con los requisitos establecidos en la Especificación Técnica de Interoperabilidad para Personas con Movilidad Reducida (TSI PRM) y en la serie EN 16584, o en normas internacionales equivalentes. Asimismo, dichos elementos deberán cumplir los requisitos de accesibilidad y señalización establecidos en la normativa colombiana aplicable, incluyendo, cuando corresponda, la Resolución 4659 de 2021 y las NTC 4201, NTC 4143 y NTC 4145.

44.8 El pasillo principal del vehículo, así como las áreas próximas a las puertas y a los espacios multifuncionales, deberán mantenerse a nivel.

44.9 No se permitirán escalones transversales al flujo del pasillo principal del vehículo y de ingreso que dificulten la circulación de pasajeros dentro del compartimento de viajeros.

44.10 La circulación interior deberá permitir movimientos seguros y fluidos durante condiciones normales y pico de ocupación.

44.11 No estará permitido el transporte de bicicletas, patinetas, monopatines u otros vehículos personales, eléctricos o no, dentro del Material Rodante, con excepción de los dispositivos de movilidad utilizados por personas con discapacidad. La EFR podrá autorizar excepciones mediante lineamientos operacionales específicos.

44.12 El diseño interior deberá contemplar espacios destinados a publicidad e información al usuario, cuya ubicación, dimensiones y cantidad se definirán conforme a los lineamientos

de la EFR, sin afectar la seguridad, la accesibilidad, la señalización de emergencia ni la capacidad de transporte del Material Rodante.

SECCIÓN 45 – PUERTAS E INTERCAMBIO DE PASAJEROS

45.1 El Material Rodante deberá disponer de puertas de acceso y evacuación en ambos lados del vehículo, compatibles con la configuración de estaciones y andenes del Proyecto.

45.2 El Material Rodante deberá disponer de un mínimo de seis (6) puertas por lado en cada unidad.

45.3 La distribución modular de las puertas podrá variar siempre que se mantenga el cumplimiento de los requisitos de que trata el numeral anterior.

45.4 Las puertas del lado izquierdo y derecho deberán disponerse enfrentadas entre sí.

45.5 La distribución, cantidad y dimensiones de las puertas deberán minimizar los tiempos de embarque y desembarque de pasajeros.

45.6 Los intercambios de pasajeros en las estaciones deberán desarrollarse minimizando su duración sin afectar la seguridad ni el confort.

45.7 El Concesionario deberá justificar, mediante simulaciones, análisis de flujo de pasajeros y estudios operacionales, la configuración de puertas propuesta para el Material Rodante, demostrando que esta permite cumplir los objetivos de capacidad, tiempos de intercambio de pasajeros, regularidad del servicio, accesibilidad, seguridad y desempeño operacional establecidos para el Proyecto.

45.8 El Concesionario deberá demostrar que el diseño cumple los objetivos del Proyecto, considerando criterios técnicos, operacionales, de seguridad, mantenibilidad, capacidad y calidad del servicio.

45.9 Sin perjuicio de lo anterior, la Interventoría podrá requerir análisis complementarios, simulaciones adicionales o la evaluación de configuraciones alternativas razonablemente disponibles en el mercado cuando considere que la información presentada no resulta suficiente para sustentar la solución propuesta.

45.10 Dichos requerimientos no eximirán al Concesionario de su responsabilidad sobre la configuración finalmente seleccionada ni implicarán una transferencia del riesgo de diseño a la Interventoría o a la EFR.

SECCIÓN 46 – TASA DE CONFORT POR ASIENTOS

46.1 La Tasa de Confort por Asientos corresponderá a la relación porcentual entre el número de asientos disponibles y la Capacidad en Carga Normal (CCN), y constituirá uno de los parámetros de referencia para evaluar el nivel de confort ofrecido por el Material Rodante.

46.2 El Material Rodante deberá mantener, como mínimo, los porcentajes de asientos establecidos en el presente Apéndice para la Capacidad en Carga Normal (CCN).

46.3 La Tasa de Confort por Asientos deberá mantenerse durante toda la vigencia de la Concesión, sin perjuicio de las modificaciones de configuración, renovación de equipos o actualizaciones tecnológicas que el Concesionario implemente, salvo autorización expresa de la EFR cuando corresponda.

46.4 El Concesionario deberá diseñar la distribución interior del Material Rodante de manera que se logre un equilibrio adecuado entre capacidad de transporte, confort de los pasajeros, accesibilidad universal, tiempos de intercambio en estaciones y eficiencia operacional, considerando la naturaleza suburbana del Proyecto.

46.5 El Concesionario deberá justificar que la configuración interior seleccionada proporciona un nivel de confort adecuado para la duración prevista de los viajes, la distribución esperada de la demanda, los patrones de ocupación y las condiciones normales de operación del Proyecto

SECCIÓN 47 – ANÁLISIS DE FLUJO DE PASAJEROS

47.1 Como parte del Plan Integral y de los Diseños de Material Rodante, el Concesionario deberá desarrollar y presentar un Análisis de Flujo de Pasajeros que demuestre que la configuración interior propuesta resulta compatible con los niveles de demanda, capacidad, tiempos de intercambio y objetivos operacionales del Proyecto.

47.2 El Análisis de Flujo de Pasajeros deberá evaluar el comportamiento de los usuarios durante las condiciones normales de operación, períodos de máxima demanda y situaciones operacionales razonablemente previsibles.

47.3 El análisis deberá realizarse mediante simulaciones, modelos de flujo, herramientas especializadas o metodologías internacionalmente reconocidas para el estudio de circulación de pasajeros en sistemas ferroviarios.

47.4 El Concesionario deberá demostrar, como mínimo:

a) La adecuada distribución de pasajeros a lo largo del Material Rodante;
b) La suficiencia de las áreas destinadas a pasajeros de pie;
c) La suficiencia de los espacios multifuncionales;
d) La adecuada ubicación y dimensionamiento de las puertas;
e) La inexistencia de cuellos de botella significativos en el interior del vehículo;
f) La compatibilidad de los tiempos de embarque y desembarque con los tiempos de parada previstos para el Proyecto;
g) La accesibilidad efectiva para personas con movilidad reducida;
h) La adecuada circulación entre puertas, pasillos, espacios multifuncionales y zonas reservadas;
i) La compatibilidad de la configuración interior con los niveles de servicio establecidos en el Contrato.
j) El análisis deberá considerar, como mínimo, escenarios que contemplen diversidad en los volúmenes de carga y distribución de pasajeros.

47.5 Cuando la configuración interior del Material Rodante sea modificada durante la vigencia de la Concesión, el Concesionario deberá actualizar el Análisis de Flujo de Pasajeros y demostrar que la modificación mantiene el cumplimiento de los requisitos contractuales aplicables.

47.6 La emisión de No Objeción respecto del Análisis de Flujo de Pasajeros no limitará la responsabilidad integral del Concesionario respecto del cumplimiento de los niveles de servicio, capacidad y confort establecidos en el Contrato.

SECCIÓN 48 – MONITOREO DE CARGA DE PASAJEROS

48.1 El Material Rodante deberá disponer de sistemas capaces de estimar o medir la carga transportada.

48.2 El sistema deberá permitir detectar condiciones de sobreocupación o sobrepeso que puedan afectar la seguridad operacional o el desempeño del vehículo.

48.3 Como mínimo, deberá advertir al maquinista cuando la ocupación supere la correspondiente a la Capacidad en Carga Máxima (CCM – EL8).

48.4 El sistema deberá basarse en medición de peso, conteo de pasajeros, sensores de carga u otras tecnologías equivalentes propuestas por el Concesionario.

48.5 La información generada deberá integrarse con los sistemas de operación, mantenimiento y monitoreo de la flota.

SECCIÓN 49 – REQUISITOS DE CONFORT, ACÚSTICO, VIBRATORIO Y DINÁMICO

49.1 El diseño del Material Rodante deberá minimizar la generación y transmisión de ruido, vibraciones y movimientos dinámicos que puedan afectar la comodidad de los usuarios, la seguridad operacional, la percepción de calidad del servicio o la salud ocupacional del personal.

49.2 Los requisitos establecidos en esta Sección deberán cumplirse durante todo el ciclo de vida del Material Rodante, considerando el desgaste normal de componentes, las actividades de mantenimiento y las renovaciones previstas durante la Concesión.

49.3 Los requisitos específicos relacionados con disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad y seguridad funcional se desarrollan en los Apéndices correspondientes y en los lineamientos RAMS del Proyecto y no se entienden sustituidos por los requisitos de confort establecidos en esta Sección.

49.4 El Material Rodante deberá proporcionar una experiencia de viaje compatible con un sistema ferroviario moderno de transporte regional de pasajeros.

49.5 El diseño deberá buscar simultáneamente:

a) minimizar el ruido percibido por los pasajeros
b) minimizar las vibraciones transmitidas al cuerpo de los pasajeros y del personal operativo
c) garantizar estabilidad dinámica adecuada en todas las velocidades de operación
d) limitar movimientos bruscos longitudinales, laterales y verticales
e) reducir la fatiga asociada a viajes recurrentes
f) garantizar condiciones adecuadas para pasajeros de pie y sentados.

49.6 El cumplimiento de los objetivos anteriores deberá verificarse en condiciones representativas de operación normal, considerando los perfiles de servicio, niveles de demanda, velocidades operacionales, condiciones ambientales, patrones de explotación y escenarios de operación previstos para el Proyecto.

49.7 Dicha verificación deberá sustentarse mediante simulaciones, cálculos, análisis de ingeniería, pruebas, demostraciones o cualquier otro mecanismo técnicamente aceptado

que permita evidenciar el desempeño esperado del Material Rodante durante su operación regular.

49.8 Cuando resulte aplicable, el Concesionario deberá demostrar que los requisitos continúan siendo satisfechos bajo condiciones degradadas razonablemente previsibles, tales como fallas de componentes no críticos, indisponibilidad parcial de equipos, variaciones de carga de pasajeros o condiciones operacionales excepcionales, siempre que estas formen parte de los escenarios de diseño considerados para el Proyecto.

SECCIÓN 50 – RUIDO INTERIOR

50.1 El Material Rodante deberá diseñarse para limitar los niveles de ruido percibidos por los pasajeros y por el personal operativo durante todas las condiciones normales de explotación.

50.2 Los niveles de ruido interior deberán verificarse conforme a la norma EN ISO 3381, VDV 154 o normas internacionales equivalentes reconocidas La metodología de verificación de los niveles de ruido interior deberá contar con la No Objeción de la Interventoría.

50.3 El Concesionario deberá adoptar las medidas de diseño necesarias para controlar las fuentes principales de ruido, incluyendo sistemas de tracción, equipos auxiliares, HVAC, interacción rueda–riel y vibraciones estructurales.

SECCIÓN 51 – RUIDO EXTERIOR

51.1 El Material Rodante deberá minimizar la emisión de ruido hacia el entorno y cumplir la normativa aplicable en materia de ruido ferroviario.

51.2 El diseño deberá cumplir los requisitos establecidos por la Especificación Técnica de Interoperabilidad de Ruido (TSI Noise) o por una norma internacional equivalente reconocida.

51.3 El Concesionario deberá demostrar que la solución propuesta resulta compatible con los objetivos ambientales del Proyecto y con las restricciones de ruido aplicables al corredor.

51.4 El cumplimiento de los requisitos de ruido exterior deberá verificarse mediante certificaciones emitidas por organismos reconocidos, ensayos de tipo, pruebas en fábrica, pruebas en vía o cualquier otra evidencia técnica equivalente que resulte aceptable para demostrar el desempeño acústico del Material Rodante.

51.5 Las verificaciones deberán realizarse utilizando metodologías reconocidas internacionalmente y bajo condiciones representativas de operación, considerando, como mínimo, las velocidades de diseño, las condiciones de carga previstas, las características de la infraestructura y los escenarios operacionales relevantes para el Proyecto.

51.6 El Concesionario deberá presentar la documentación técnica que sustente los niveles de ruido declarados, incluyendo la descripción de la metodología utilizada, las condiciones de ensayo, los resultados obtenidos y la trazabilidad de las mediciones realizadas.

SECCIÓN 52 – CONFORT DINÁMICO

52.1 El Material Rodante deberá proporcionar una calidad de marcha adecuada durante todo el rango de velocidades operacionales previsto para el Proyecto.

52.2 La calidad de marcha deberá cumplir los criterios de confort establecidos en la norma EN 12299 .

52.3 El índice de confort NMV (Mean Comfort Standard Method) no deberá exceder el valor de dos coma cinco (2,5) bajo condiciones normales de operación.

52.4 El Concesionario deberá demostrar que la configuración de bogies, suspensiones, masas suspendidas y no suspendidas, sistemas de guiado y demás elementos relevantes permiten alcanzar los niveles de confort exigidos.

52.5 La evaluación deberá considerar:

a) comportamiento en recta
b) comportamiento en curva
c) aceleraciones laterales
d) aceleraciones verticales
e) movimientos de cabeceo
f) movimientos de balanceo
g) movimientos longitudinales

SECCIÓN 53 – VIBRACIONES DE CUERPO ENTERO

53.1 Los niveles de vibración transmitidos a pasajeros y personal operativo deberán mantenerse dentro de límites compatibles con el confort y la salud ocupacional.

53.2 La evaluación de vibraciones deberá realizarse conforme a la norma ISO 2631-1 .

53.3 La aceleración ponderada equivalente de vibración de cuerpo entero no deberá exceder cero coma trescientos quince metros por segundo al cuadrado (0,315 m/s²) bajo condiciones normales de operación.

53.4 El Concesionario deberá adoptar las medidas de diseño necesarias para limitar la transmisión de vibraciones provenientes de la rodadura, sistemas auxiliares, tracción y demás fuentes relevantes.

SECCIÓN 54 – VIBRACIONES LOCALIZADAS Y EQUIPOS AUXILIARES

54.1 Los equipos embarcados, incluidos los sistemas de climatización, tracción, conversión de potencia, compresores, ventiladores, bombas, generadores y demás equipos auxiliares, deberán diseñarse, seleccionarse e instalarse de manera que minimicen la transmisión de vibraciones a la estructura del Material Rodante.

54.2 Los equipos embarcados deberán diseñarse, fabricarse, instalarse y ensayarse conforme a los requisitos establecidos en la norma EN 61373

54.3 El diseño del Material Rodante deberá incorporar las medidas de aislamiento, amortiguamiento y desacoplamiento que resulten necesarias para evitar que las vibraciones generadas por los equipos embarcados afecten el confort de los pasajeros, las condiciones de trabajo del personal operativo, la integridad estructural del vehículo o el correcto funcionamiento de los demás sistemas embarcados.

54.4 Las vibraciones generadas por los equipos embarcados no deberán impedir el cumplimiento de los requisitos de confort, ruido, vibraciones de cuerpo entero, confiabilidad, disponibilidad y vida útil establecidos en el presente Apéndice.

SECCIÓN 55 – CONFORT PARA PASAJEROS DE PIE

55.1 El Material Rodante deberá proporcionar condiciones de seguridad, estabilidad, accesibilidad y confort para los pasajeros que viajen de pie durante todas las condiciones normales de operación previstas para el Proyecto.

55.2 El diseño interior del Material Rodante deberá reconocer que una proporción significativa de los pasajeros podrá viajar de pie durante los períodos de máxima demanda, por lo que la configuración interior, los sistemas de apoyo y los parámetros dinámicos del vehículo deberán diseñarse considerando dicha condición operacional.

55.3 Los pasajeros de pie deberán poder mantener una postura estable y segura durante las fases normales de aceleración, frenado, circulación en curva y circulación sobre aparatos de vía, sin necesidad de realizar esfuerzos excesivos para conservar el equilibrio.

55.4 La configuración interior deberá facilitar la distribución homogénea de pasajeros de pie a lo largo del Material Rodante y minimizar la concentración excesiva de usuarios en zonas específicas del vehículo.

55.5 Las zonas destinadas a pasajeros de pie deberán disponer de un número suficiente de elementos de apoyo, incluyendo pasamanos, barras verticales, barras horizontales, asideros u otros dispositivos equivalentes, distribuidos de manera que puedan ser utilizados por pasajeros con diferentes características antropométricas.

55.6 La ubicación de pasamanos, barras y asideros no deberá generar obstáculos innecesarios para la circulación de pasajeros ni reducir significativamente la capacidad de transporte del vehículo.

55.7 Las zonas de pasajeros de pie próximas a puertas, espacios multifuncionales y áreas reservadas para personas con movilidad reducida deberán diseñarse de manera que permitan movimientos seguros durante los procesos de embarque y desembarque.

55.8 El diseño interior deberá minimizar los riesgos de pérdida de equilibrio, caídas, golpes o movimientos bruscos de pasajeros durante la operación normal del Material Rodante.

55.9 El Concesionario deberá demostrar, mediante simulaciones, análisis ergonómicos, estudios de flujo de pasajeros o cualquier otra evidencia técnica adecuada, que la configuración interior seleccionada permite una utilización segura y confortable de las áreas destinadas a pasajeros de pie

SECCIÓN 56 – CONFORT PARA EL PERSONAL OPERATIVO

56.1 La cabina de conducción deberá diseñarse conforme a los principios de ergonomía, factores humanos y seguridad operacional establecidos en la serie EN 16186 (Railway applications – Driver's cab), garantizando condiciones adecuadas para una conducción segura, eficiente y confortable durante toda la jornada laboral prevista para el personal operativo.

56.2 La disposición de los equipos, controles, pantallas, indicadores, sistemas de comunicación y demás interfaces hombre-máquina deberá cumplir los requisitos

ergonómicos establecidos en la EN 16186, facilitando la operación normal, degradada y de emergencia del Material Rodante y minimizando la carga cognitiva del maquinista y el riesgo de errores operacionales.

56.3 La cabina y el puesto de conducción deberán proporcionar un campo visual adecuado y permitir los ajustes ergonómicos necesarios para acomodar a usuarios con diferentes características antropométricas, garantizando una adecuada visibilidad de la vía, las señales, los andenes, los sistemas de monitoreo y los demás elementos necesarios para la operación segura del servicio, de conformidad con la EN 16186.

56.4 La cabina deberá proporcionar condiciones adecuadas de iluminación, climatización, ventilación y protección frente a las condiciones ambientales exteriores, garantizando un ambiente de trabajo compatible con la operación continua del Material Rodante.

56.5 Los niveles de ruido, vibración y movimientos dinámicos presentes en la cabina deberán cumplir los criterios establecidos en las normas EN ISO 3381, ISO 2631-1 y EN 12299, garantizando condiciones compatibles con la seguridad operacional, la salud ocupacional y el desempeño eficiente del personal operativo.

56.6 El diseño de la cabina deberá minimizar la exposición prolongada del personal operativo a ruido, vibraciones, deslumbramientos, reflejos, temperaturas extremas y demás factores que puedan generar fatiga o afectar la capacidad de conducción.

56.7 La cabina deberá permitir la operación segura del Material Rodante en condiciones normales, degradadas y de emergencia, garantizando que el personal operativo disponga en todo momento de la información, controles y medios de comunicación necesarios para gestionar dichas situaciones.

56.8 El Concesionario deberá garantizar que las condiciones ergonómicas, funcionales y ambientales de la cabina se mantengan durante toda la vigencia de la Concesión mediante las actividades de mantenimiento, renovación, modernización y actualización tecnológica que resulten necesarias.

56.9 El cumplimiento de los requisitos establecidos en la presente Subsección se verificará conforme a lo dispuesto en el Apéndice Técnico 17.

SECCIÓN 57 – CONSERVACIÓN DEL CONFORT DURANTE EL CICLO DE VIDA

57.1 El Concesionario deberá garantizar que los niveles de confort del Material Rodante, incluyendo el confort acústico, vibratorio, dinámico, térmico, ergonómico y demás requisitos establecidos en la presente Sección, se mantengan durante toda la vigencia de la Concesión.

57.2 Las actividades de inspección, mantenimiento, renovación, modernización, actualización tecnológica y gestión de obsolescencia deberán planificarse y ejecutarse de manera que preserven los niveles de confort previstos para el Material Rodante durante todo su ciclo de vida, sin afectar las condiciones de seguridad, confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad del sistema.

57.3 El desgaste, envejecimiento o deterioro progresivo de ruedas, bogies, suspensiones, sistemas de climatización, elementos de aislamiento, equipos auxiliares, acabados interiores o cualquier otro componente del Material Rodante no constituirá justificación para el incumplimiento de los requisitos de confort establecidos en el presente Apéndice.

57.4 El Concesionario deberá implementar un Programa de Seguimiento del Desempeño del Material Rodante que permita monitorear periódicamente las condiciones de confort, identificar oportunamente desviaciones respecto de los niveles exigidos y adoptar las medidas preventivas y correctivas necesarias para restablecer su cumplimiento.

57.5 La sustitución, renovación, modernización o actualización tecnológica de componentes, equipos o sistemas del Material Rodante no podrá reducir los niveles de confort originalmente exigidos por el Contrato, salvo autorización expresa de la EFR cuando el Concesionario demuestre que la solución propuesta mantiene o mejora el desempeño funcional del Material Rodante.

SECCIÓN 58 – REQUISITOS DE ACCESIBILIDAD UNIVERSAL

58.1 El Material Rodante deberá diseñarse conforme a los principios de accesibilidad universal, diseño inclusivo y autonomía personal, permitiendo que cualquier persona pueda utilizar el servicio ferroviario de manera segura, autónoma, digna y confortable, en la máxima medida posible y sin necesidad de asistencia permanente.

58.2 El Concesionario deberá garantizar que el Material Rodante resulte accesible para todas las personas, incluyendo usuarios con discapacidad permanente o temporal, personas con

movilidad reducida, personas mayores, mujeres embarazadas, y demás usuarios con necesidades específicas de accesibilidad.

58.3 Los requisitos de accesibilidad deberán incorporarse de manera integral durante el diseño, fabricación, integración, pruebas, puesta en servicio, operación, mantenimiento, renovación, modernización y actualización tecnológica del Material Rodante.

58.4 El Material Rodante deberá cumplir la normativa colombiana aplicable en materia de accesibilidad universal, incluyendo la NTC 6047 y demás normas concordantes vigentes al momento del diseño, así como las disposiciones contenidas en la Especificación Técnica de Interoperabilidad para Personas con Movilidad Reducida (TSI PRM / STI PMR) o normas internacionales equivalentes reconocidas. En caso de diferencias entre dichas referencias, prevalecerá aquella que establezca el mayor nivel de accesibilidad, salvo disposición expresa en contrario.

SECCIÓN 59 – ESPACIOS PARA USUARIOS EN SILLA DE RUEDAS

59.1 Cada Unidad destinada al servicio comercial deberá disponer, como mínimo, de dos (2) espacios para usuarios en silla de ruedas, ubicados de manera que permitan su utilización independiente y una distribución equilibrada a lo largo del Material Rodante. Cuando la normativa aplicable o la configuración operacional del Proyecto exijan un número superior, el Concesionario deberá adoptar el mayor de dichos valores.

59.2 Cada espacio para usuario en silla de ruedas deberá disponer de un espacio adyacente para un acompañante, dotado de elementos de apoyo y sujeción adecuados.

59.3 Los espacios reservados deberán permitir la permanencia segura de los usuarios durante todas las condiciones normales de operación.

59.4 Los espacios deberán ubicarse próximos a las puertas accesibles y permitir una circulación razonable hacia las zonas de acceso.

59.5 El diseño deberá considerar la maniobrabilidad de sillas de ruedas manuales y eléctricas utilizadas habitualmente en el entorno del Proyecto.

59.6 Los espacios reservados deberán contar con elementos de apoyo, protección y señalización adecuados y de acuerdo con la Ley aplicable.

SECCIÓN 60 – ASIENTOS PRIORITARIOS

60.1 El Material Rodante deberá disponer de un número suficiente de asientos prioritarios, claramente identificados y distribuidos de manera que resulten fácilmente accesibles desde las puertas destinadas al embarque de pasajeros con movilidad reducida, de conformidad con la TSI PRM, la NTC 6047 y la Ley Aplicable.

60.2 Los asientos prioritarios deberán destinarse, como mínimo, a:

a) personas con discapacidad;
b) personas con movilidad reducida permanente o temporal;
c) personas mayores, conforme a la Ley Aplicable;
d) mujeres embarazadas; y
e) cualquier otro usuario identificado como prioritario por la Ley Aplicable
f) La señalización deberá ser visible y fácilmente comprensible.

SECCIÓN 61 – INFORMACIÓN ACCESIBLE AL PASAJERO

61.1 El Concesionario deberá diseñar, suministrar, integrar, operar y mantener los sistemas de información al pasajero del Material Rodante, garantizando que proporcionen información clara, oportuna, consistente, comprensible y accesible durante todas las condiciones normales, degradadas y de emergencia previstas para el Proyecto, de acuerdo con lo indicado en esta Subsección y el Apéndice Técnico 11.

61.2 El Material Rodante deberá disponer de sistemas de información visual y sonora accesibles para todos los usuarios, incluyendo personas con discapacidad visual, auditiva, cognitiva o con otras necesidades específicas de accesibilidad.

61.3 Como mínimo, los sistemas de información deberán permitir comunicar:

a) el destino del servicio;
b) la próxima estación;
c) las estaciones siguientes, cuando corresponda;
d) las conexiones relevantes con otros modos de transporte;
e) incidencias o alteraciones del servicio;
f) mensajes de seguridad;
g) instrucciones de emergencia; y

h) cualquier otra información necesaria para la utilización segura y eficiente del sistema ferroviario.

61.4 La información esencial para la operación, la seguridad o la evacuación deberá comunicarse de manera simultánea mediante medios visuales y sonoros, garantizando su comprensión por parte de usuarios con diferentes capacidades sensoriales.

61.5 Los sistemas visuales deberán emplear textos, pictogramas, símbolos, contrastes cromáticos, tamaños de fuente y niveles de iluminación compatibles con los principios de accesibilidad universal, mientras que los sistemas sonoros deberán garantizar la inteligibilidad de los mensajes bajo las condiciones normales de operación del Material Rodante.

61.6 Los pictogramas, símbolos, convenciones gráficas y demás elementos utilizados en los sistemas de información deberán ser consistentes en toda la flota y compatibles con la TSI PRM, estándares internacionales reconocidos de accesibilidad y los lineamientos de identidad visual definidos por la EFR.

61.7 La EFR establecerá los lineamientos de identidad visual del Proyecto, incluyendo colores institucionales, tipografías, convenciones gráficas, criterios de señalización y demás elementos de imagen corporativa que deban incorporarse al Material Rodante y a los sistemas de información al pasajero. El Concesionario será responsable de implementarlos y mantenerlos actualizados durante toda la vigencia de la Concesión.

61.8 Los lineamientos de identidad visual deberán propender por una experiencia de usuario homogénea e integrada entre el Proyecto, los demás sistemas ferroviarios de la Región Metropolitana de Bogotá y los diferentes modos de transporte público con los cuales exista integración operacional o tarifaria.

61.9 Cualquier modificación significativa de la identidad visual, de la señalización interior o de los sistemas de información al pasajero requerirá la aprobación previa de la EFR y la No Objeción de la Interventoría.

61.10 Los sistemas de información deberán permitir la presentación de contenidos en Español y en Inglés.

61.11 El Concesionario deberá garantizar que las actividades de mantenimiento, renovación, modernización y actualización tecnológica preserven o mejoren la funcionalidad,

accesibilidad y calidad de los sistemas de información al pasajero durante toda la vigencia de la Concesión.

61.12 La estrategia de información al pasajero, la arquitectura del sistema, los canales de comunicación, los criterios de accesibilidad y los mecanismos para asegurar la consistencia y actualización de la información deberán desarrollarse conforme al Apéndice Técnico 11.

61.13 La verificación del cumplimiento de los requisitos establecidos en la presente Subsección se realizará de conformidad con el Apéndice Técnico 17.

SECCIÓN 62 – SEÑALIZACIÓN Y ORIENTACIÓN

62.1 El Material Rodante deberá incorporar un sistema integral de señalización interior que facilite la orientación, identificación y utilización segura de los diferentes espacios, equipos y servicios por parte de todos los usuarios, de conformidad con los principios de accesibilidad universal y la TSI PRM.

62.2 La identificación de puertas, salidas de emergencia, espacios para usuarios en silla de ruedas, asientos prioritarios, dispositivos de emergencia, equipos de comunicación y demás elementos relevantes deberá ser clara, permanente, visible y consistente en toda la flota.

62.3 La señalización interior deberá emplear pictogramas, símbolos, colores, contrastes cromáticos, tipografías y dimensiones compatibles con estándares internacionales de accesibilidad y señalización ferroviaria, en particular la EN 16584, la TSI PRM y la NTC 6047 o normas internacionales equivalentes reconocidas, garantizando su fácil comprensión por parte de todos los usuarios, sin perjuicio de lo establecido en el Apéndice Técnico 2.

62.4 Cuando resulte aplicable y exigido por la EFR, la señalización deberá incorporar elementos táctiles, relieve, braille u otras soluciones equivalentes que faciliten la orientación y utilización del Material Rodante por parte de personas con discapacidad visual.

62.5 La ubicación y diseño de la señalización deberán permitir su adecuada percepción desde las principales zonas de circulación y permanencia de pasajeros, evitando obstrucciones visuales y facilitando la orientación durante las condiciones normales de operación y en situaciones de emergencia.

62.6 La señalización y los elementos de orientación deberán mantenerse actualizados y ser consistentes con los sistemas de información al pasajero, la identidad visual definida por la EFR y los procedimientos operacionales vigentes durante toda la vigencia de la Concesión.

62.7 **EVACUACIÓN Y SITUACIONES DE EMERGENCIA**

62.8 El Concesionario deberá diseñar, suministrar, integrar, operar y mantener un Material Rodante que permita la evacuación segura, ordenada y eficiente de todos los usuarios durante las condiciones de emergencia razonablemente previsibles para el Proyecto, incluyendo personas con discapacidad, personas con movilidad reducida, personas mayores, mujeres embarazadas y demás usuarios con necesidades específicas de accesibilidad.

62.9 El Material Rodante deberá incorporar rutas de evacuación, salidas de emergencia, dispositivos de apertura, sistemas de comunicación, señalización, iluminación de emergencia y demás elementos necesarios para facilitar la evacuación de los pasajeros y la actuación del personal operativo.

62.10 El Material Rodante deberá incorporar dispositivos de solicitud de auxilio (botón de pánico) accesibles y distribuidos en el interior del vehículo, integrados con el Centro de Control Operacional. Su diseño incorporará un enfoque de género orientado a la prevención y atención de situaciones de acoso o violencia contra las mujeres y las poblaciones vulnerables, y deberá estar alineado con lo establecido en el Apéndice Técnico 20.

62.11 El diseño interior del Material Rodante deberá minimizar la existencia de obstáculos que puedan dificultar la evacuación, garantizando recorridos continuos y seguros para todos los usuarios, incluidos aquellos con movilidad reducida.

62.12 La señalización de emergencia del Material Rodante deberá ser consistente con los puntos de encuentro y las rutas de evacuación definidos para las estaciones y la infraestructura del Proyecto.

62.13 El Concesionario deberá demostrar que el diseño del Material Rodante permite la evacuación segura de la totalidad de los usuarios y del personal operativo dentro del tiempo máximo de evacuación definido en la normatividad aplicable. El diseño deberá prever una ruta de evacuación segura para el maquinista que no dependa exclusivamente del paso a través del compartimento de pasajeros.

62.14 Los sistemas de comunicación de emergencia deberán transmitir las instrucciones de seguridad mediante medios visuales y sonoros de forma simultánea, garantizando que la información crítica resulte accesible para usuarios con diferentes capacidades sensoriales.

62.15 La señalización de emergencia deberá permitir la identificación rápida y unívoca, como mínimo, de:

a) salidas de emergencia;
b) dispositivos de apertura de emergencia;
c) equipos de emergencia y primeros auxilios;
d) dispositivos de comunicación de emergencia;
e) rutas de evacuación; y
f) espacios o dispositivos destinados a la asistencia de personas con movilidad reducida, cuando resulten aplicables.

62.16 Los dispositivos de emergencia, intercomunicadores, pulsadores de alarma y demás medios de solicitud de asistencia deberán diseñarse conforme a los principios de accesibilidad universal, permitiendo su utilización por personas con diferentes capacidades físicas y sensoriales.

62.17 El Material Rodante deberá permitir una comunicación efectiva entre los pasajeros y el personal operativo durante situaciones de emergencia, facilitando la atención prioritaria de usuarios con necesidades específicas cuando ello resulte necesario.

62.18 Los procedimientos operacionales de atención, asistencia y evacuación de pasajeros, así como los requisitos específicos relativos al análisis de riesgos, la gestión de emergencias, la validación de escenarios de evacuación, las pruebas, simulaciones, certificaciones y demás evidencias de cumplimiento, se desarrollarán de acuerdo con lo establecido en el Contrato y los respectivos Apéndices.

62.19 El Concesionario deberá garantizar que las actividades de mantenimiento, renovación, modernización y actualización tecnológica preserven, durante toda la vigencia de la Concesión, las condiciones de accesibilidad y seguridad de los sistemas y dispositivos destinados a la evacuación y atención de emergencias.

SECCIÓN 63 – PICTOGRAMAS, SEÑALÉTICA E INFORMACIÓN AL USUARIO

63.1 El Material Rodante deberá incorporar los elementos de señalización pictografía, orientación e información al usuario necesarios para garantizar una utilización segura, accesible y eficiente del servicio ferroviario.

63.2 Los sistemas de información al pasajero (PIS), señalización y orientación deberán integrarse con los sistemas de telecomunicaciones, el Centro de Control Operacional (CCO) y los demás subsistemas del Proyecto, conforme a lo establecido en los Apéndices Técnicos de Telecomunicaciones, Sistemas de Información al Pasajero (PIS) y Operación.

63.3 La señalización, pictografía, interfaces gráficas y sistemas de información deberán cumplir los requisitos establecidos en la EN 15877-2, la serie EN 16584, la TSI PRM y las demás normas definidas en el Apéndice Técnico 2, o aquellas normas internacionales equivalentes que resulten aplicables.

63.4 El Material Rodante deberá incorporar un sistema uniforme de señalización interior y exterior que facilite la identificación de los principales espacios, equipos y dispositivos de seguridad del tren.

63.5 Como mínimo deberán identificarse:

a) la identificación cada Unidad;
b) las puertas accesibles;
c) los espacios reservados y áreas multifuncionales;
d) los dispositivos de emergencia;
e) las rutas y salidas de evacuación;
f) los equipos de seguridad; y
g) cualquier otro elemento requerido por la EFR o por la Ley Aplicable.

63.6 Los requisitos específicos relativos a accesibilidad, señalización inclusiva, criterios gráficos, contrastes, pictogramas, orientación y diseño universal se desarrollan en el Capítulo de Accesibilidad del presente Apéndice.

63.7 El Material Rodante deberá incorporar un Sistema de Información al Pasajero (Passenger Information System – PIS) completamente integrado con los sistemas embarcados y con la infraestructura del Proyecto.

63.8 El sistema deberá permitir la difusión de información operacional, mensajes de seguridad, comunicaciones de emergencia y demás contenidos autorizados por la EFR.

63.9 La arquitectura, funcionalidades, interfaces, protocolos de comunicación, disponibilidad, redundancia, ciberseguridad y demás especificaciones técnicas del Sistema de Información al Pasajero se desarrollan en el Apéndice Técnico 11.

63.10 La información crítica para la seguridad y la operación tendrá prioridad sobre cualquier otro contenido mostrado o difundido por el sistema.

63.11 Los colores institucionales, lineamientos de marca, criterios gráficos, tipografías, convenciones visuales y demás elementos de identidad corporativa serán definidos por la EFR. La EFR deberá suministrar dichos lineamientos a más tardar durante la etapa de Diseño del Material Rodante, y en máximo ciento ochenta días (180) contados desde el Acta de Inicio, de manera que no se afecte el cronograma de fabricación.

63.12 El Concesionario deberá implementar dichos lineamientos en el Material Rodante y mantenerlos actualizados durante toda la vigencia de la Concesión.

63.13 La actualización de los lineamientos de identidad visual por parte de la EFR no eximirá al Concesionario de su implementación, conforme a los mecanismos contractuales aplicables.

CAPÍTULO IX – REQUISITOS DE FABRICACIÓN, PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO DEL MATERIAL RODANTE

SECCIÓN 64 – PRINCIPIOS GENERALES DE FABRICACIÓN, PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO DEL MATERIAL RODANTE

64.1 El Concesionario será responsable de la fabricación, suministro, integración, certificación, pruebas y puesta en servicio del Material Rodante conforme a los requisitos establecidos en el presente Apéndice, garantizando que la flota sea apta para la prestación del Servicio en condiciones de seguridad, confiabilidad, disponibilidad, interoperabilidad y desempeño durante todo el Plazo de la Concesión.

64.2 Las actividades relacionadas con fabricación, control de calidad, verificación, validación y puesta en servicio deberán ejecutarse conforme a estándares internacionales reconocidos y a las mejores prácticas de la industria ferroviaria, así como a los procedimientos definidos en el Contrato y las recomendaciones del fabricante.

64.3 El cumplimiento satisfactorio de las fases de fabricación, pruebas y puesta en servicio constituirá condición previa para la aceptación del Material Rodante y para el inicio de la operación comercial.

64.4 La fabricación, pruebas y puesta en servicio del Material Rodante estarán sujetas a la evaluación y certificación independiente de seguridad prevista en el Capítulo III del presente Apéndice y el Apéndice Técnico 17, cuyo resultado favorable constituye condición para la Puesta en Servicio Comercial.

SECCIÓN 65 – FABRICACIÓN

65.1 El Concesionario será responsable de garantizar que la fabricación del Material Rodante se realice de conformidad con los requisitos establecidos en el presente Apéndice, aplicando sistemas de gestión de calidad, control de configuración, aseguramiento de la calidad y trazabilidad que permitan demostrar la conformidad del producto durante todo el proceso de fabricación y cumpliendo los plazos e hitos establecidos en el presente contrato.

65.2 El proceso de fabricación del Material Rodante comprenderá, como mínimo, las siguientes etapas: (i) aprobación de los Diseños preliminares; (ii) aprobación de los Diseños de Detalle; (iii) fabricación, entrega y pruebas del Tren cabeza de serie; (iv) fabricación en serie de la flota; (v) pruebas y puesta en servicio; y (vi) certificación del Material Rodante.

65.3 Como parte de dicho proceso, y antes de la puesta en servicio, el Concesionario deberá presentar un plan de pruebas de los componentes principales, incluyendo como mínimo la estructura, los bogies, el sistema de tracción y el Tren cabeza de serie.

65.4 El Concesionario deberá implementar un Plan de Aseguramiento de la Calidad del Material Rodante, alineado con los requisitos del Proyecto y con normas internacionalmente reconocidas de gestión de calidad (tales como las normas ISO 9001 e ISO/TS 22163 – IRIS), incluyendo los procedimientos de inspección, control, aceptación y tratamiento de no conformidades.

65.5 La fabricación deberá realizarse de conformidad con los procedimientos, especificaciones técnicas, procesos de producción y controles de calidad establecidos por el fabricante del Material Rodante, siempre que dichos procedimientos sean compatibles con los requisitos del Contrato y con las normas aplicables al Proyecto.

65.6 El Concesionario deberá garantizar la trazabilidad de los materiales, componentes, equipos y subsistemas críticos incorporados al Material Rodante, conservando los registros necesarios durante toda la vigencia de la Concesión, de acuerdo con el Apéndice Técnico 3.

65.7 El Concesionario tendrá la obligación de suministrar la información de avances de la Fabricación, a la Interventoría y la EFR, en cualquier momento cuando sea solicitado, sin perjuicio de las obligaciones del Apéndice Técnico 3.

65.8 Todo cambio que afecte el diseño, los procesos de fabricación, los materiales, los proveedores, los componentes críticos o la configuración aprobada del Material Rodante deberá gestionarse mediante un procedimiento formal de control de cambios, integrado al Sistema de Gestión de Calidad implementado por el Concesionario. La Interventoría revisará la implementación de dicho procedimiento, sin que ello le traslade la responsabilidad de definir los requisitos del control de cambios del diseño.

65.9 El Concesionario será responsable de la gestión, supervisión y control de sus fabricantes, subcontratistas y proveedores, sin que ello limite o reduzca las obligaciones asumidas frente a la EFR.

65.10 La EFR y la Interventoría podrán acceder, previa coordinación con el Concesionario, a las instalaciones de fabricación, montaje, integración o ensayo del Material Rodante para realizar actividades de inspección, supervisión, auditoría o verificación del cumplimiento de las obligaciones contractuales, sin que dichas actividades impliquen aceptación de los productos fabricados ni limiten la responsabilidad del Concesionario.

65.11 El Concesionario deberá mantener actualizada toda la documentación técnica de fabricación, incluyendo registros de producción, certificados de materiales, resultados de inspecciones, registros de soldadura, tratamientos especiales, controles dimensionales y demás documentación que permita demostrar la conformidad del Material Rodante con los requisitos contractuales.

65.12 El Concesionario deberá garantizar que las instalaciones, herramientas, equipos de producción, dispositivos de medición y bancos de ensayo utilizados durante la fabricación se encuentren calibrados, mantenidos y sean adecuados para los procesos que ejecutan, de conformidad con las recomendaciones del fabricante y las normas aplicables.

65.13 Las Pruebas de Aceptación en Fábrica (Factory Acceptance Tests – FAT), así como los demás ensayos, inspecciones, verificaciones, criterios de aceptación y evidencias documentales aplicables durante la fabricación del Material Rodante, se desarrollarán de conformidad con el Apéndice Técnico 17 y con los protocolos de ensayo previamente aprobados por la Interventoría.

SECCIÓN 66 – PRUEBAS EN SITIO, INTEGRACIÓN Y VALIDACIÓN OPERACIONAL

66.1 Una vez finalizadas las actividades de fabricación, suministro e instalación, el Concesionario deberá someter el Material Rodante a las pruebas en sitio, pruebas de integración, pruebas funcionales, pruebas dinámicas y demás actividades de verificación y validación necesarias para demostrar que la flota cumple los requisitos establecidos en el Contrato y sus Apéndices.

66.2 Antes de la Puesta en Servicio Comercial, cada Tren deberá completar un recorrido mínimo de prueba en condiciones representativas de operación, sin fallas críticas, y alineado con los objetivos RAMS del Proyecto y el Apéndice Técnico 17. La cantidad o tiempo de pruebas, será definido por el ente certificador, sin perjuicio de lo establecido en el Apéndice Técnico 17. El personal del fabricante que participe en dichas actividades deberá acreditar la calificación requerida y no podrá tener vínculos que comprometan la independencia de la validación.

66.3 El Concesionario será responsable de garantizar la correcta integración del Material Rodante con la totalidad de los subsistemas del Proyecto, incluyendo, entre otros, la infraestructura ferroviaria, la vía permanente, la electrificación, la señalización y control ferroviario, las telecomunicaciones, el Centro de Control Operacional (CCO) y los demás que determine la normatividad, los sistemas de información al pasajero, los talleres y cocheras y los demás sistemas con los cuales el Material Rodante deba interactuar durante su ciclo de vida.

66.4 El cumplimiento del ciclo de validación, pruebas y certificación independiente de seguridad del Material Rodante constituye una obligación autónoma del Concesionario. En consecuencia, el Concesionario no podrá condicionar ni excusar el cumplimiento de la certificación del Material Rodante en atrasos, indisponibilidades o procesos pendientes de los demás subsistemas del Proyecto, sin perjuicio de las pruebas de integración que requieran la disponibilidad de dichos subsistemas.

66.5 El Material Rodante deberá participar en las pruebas dinámicas, operacionales y de integración que resulten necesarias para verificar su comportamiento en condiciones representativas de operación, incluyendo la operación normal, degradada y de emergencia.

66.6 Previamente al inicio de la Puesta en Servicio Comercial, el Material Rodante deberá participar en la Marcha Blanca del Proyecto, con el fin de validar el funcionamiento integrado del sistema ferroviario en condiciones operacionales controladas y demostrar el cumplimiento de los niveles de desempeño, disponibilidad, confiabilidad, seguridad e interoperabilidad establecidos en el Contrato.

66.7 La obtención de la No Objeción o de cualquier aceptación parcial o final derivada de las pruebas no limitará ni reducirá la responsabilidad del Concesionario respecto del cumplimiento permanente de las obligaciones contractuales durante toda la vigencia de la Concesión.

66.8 Los requisitos específicos relativos a las Pruebas de Aceptación en Fábrica (FAT), Pruebas de Aceptación en Sitio (SAT), pruebas de integración, pruebas funcionales, pruebas dinámicas, pruebas de interoperabilidad, Marcha Blanca, criterios de aceptación, protocolos de ensayo, evidencias de cumplimiento, validaciones y demás actividades de verificación se desarrollan en el Apéndice Técnico 17.

66.9 Los requisitos relativos a la demostración de seguridad, análisis de riesgos, validación independiente, Safety Case, RAMS y demás actividades de aseguramiento de la seguridad se desarrollan en el Apéndice Técnico 17, sin perjuicio de las obligaciones establecidas en el presente Apéndice.

CAPÍTULO X – GESTIÓN DEL MATERIAL RODANTE DURANTE EL CICLO DE VIDA

SECCIÓN 67 – PRINCIPIOS GENERALES

67.1 El Concesionario será responsable de planificar, dimensionar, suministrar, gestionar, operar, mantener, renovar y actualizar la flota de Material Rodante necesaria para garantizar la prestación continua, segura y eficiente del Servicio durante todo el Plazo de la Concesión.

67.2 La gestión integral de la flota deberá asegurar, en todo momento, la disponibilidad de Material Rodante suficiente para cumplir los niveles de servicio, capacidad, oferta operacional, frecuencia, regularidad y demás indicadores establecidos en el Contrato y el Apéndice Técnico 16.

67.3 El Concesionario deberá gestionar la flota con un enfoque de ciclo de vida, considerando, como mínimo, la evolución de la demanda, los programas de mantenimiento, la gestión de activos, la renovación tecnológica, la disponibilidad de repuestos, las reservas operacionales y la atención de contingencias.

67.4 El Concesionario será responsable de planificar, ejecutar, documentar y controlar el mantenimiento del Material Rodante durante toda la vigencia de la Concesión, garantizando que las unidades conserven permanentemente las condiciones de seguridad, confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad, confort, accesibilidad y desempeño previstas en el Contrato, el presente Apéndice y el Apéndice Técnico 16.

67.5 Las actividades de operación y mantenimiento deberán ejecutarse de manera coordinada, procurando minimizar las afectaciones a la prestación del Servicio y optimizar el costo del ciclo de vida del Material Rodante, sin perjuicio del cumplimiento de las obligaciones contractuales.

67.6 Los requisitos específicos relativos a la explotación ferroviaria, programación del servicio, organización de la operación, gestión de flota, mantenimiento, talleres y cocheras, recursos, indicadores y procedimientos operacionales se desarrollan en el Apéndice Técnico 16.

67.7 El Concesionario deberá mantener, para cada Unidad, un historial de vida (car history book) y planes de mantenimiento preventivo, correctivo y de repotenciación, con sus procedimientos de ejecución y listas de verificación, así como el dimensionamiento del stock mínimo de repuestos conforme a los criterios de obsolescencia y de RAMS.

67.8 Los requisitos relativos a confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad, seguridad operacional, gestión de riesgos, demostración RAMS y demás aspectos asociados al desempeño del Material Rodante durante su ciclo de vida se desarrollan de acuerdo con los lineamientos RAMS del Proyecto.

SECCIÓN 68 – DIMENSIONAMIENTO DE FLOTA

68.1 El Concesionario deberá dimensionar la flota de Material Rodante de forma que ésta resulte suficiente para atender la demanda prevista para el Proyecto durante todo el horizonte de la Concesión.

68.2 El dimensionamiento de la flota deberá considerar, como mínimo:

a) demanda en hora pico y valle

b) headways máximos establecidos para el Proyecto
c) tiempos de recorrido
d) tiempos de recuperación operacional
e) mantenimientos programados
f) indisponibilidades razonablemente previsibles
g) necesidades de reserva operacional
h) escenarios de crecimiento de demanda previstos contractualmente.

68.3 El número máximo de trenes previsto para el Proyecto será de veintiséis (26) Unidades Dobles (equivalentes, en Configuración Operacional de Unidad Doble, a las Unidades necesarias para conformarlos) destinados a operación comercial, y a la reserva de la flota.

68.4 El Concesionario podrá proponer una flota inferior a veintiséis (26) Unidades Dobles siempre que demuestre, en su Plan Integral de Material Rodante, y mediante estudios operacionales, simulaciones y demás evidencias técnicas aceptables para la Interventoría y la EFR, que la solución propuesta permite cumplir integralmente las obligaciones de capacidad, oferta, frecuencia y headway establecidas en el Contrato.

68.5 La aprobación de una flota inicial inferior al máximo previsto no limitará la obligación futura del Concesionario de incorporar, a su costo y riesgo, Material Rodante adicional cuando ello resulte necesario para atender la evolución de la demanda o para mantener los niveles de servicio exigidos.

68.6 El Concesionario deberá mantener una reserva operacional de Material Rodante, de mínimo 10%, para garantizar la continuidad del servicio frente a mantenimientos programados, fallas, indisponibilidades y demás eventos razonablemente previsibles.

68.7 La existencia de unidades de reserva no eximirá al Concesionario del cumplimiento de los niveles de disponibilidad y desempeño establecidos en el Contrato.

SECCIÓN 69 – PLAN DE ASIGNACIÓN Y OPERACIÓN DE FLOTA

69.1 El Concesionario deberá elaborar y mantener actualizado un Plan de Asignación y Operación de Flota, como parte del Plan de Operación.

69.2 El Plan será elaborado por el Concesionario y sometido a la No Objeción de la EFR con carácter previo al inicio de la operación comercial. Su objetivo es planificar la asignación y

utilización de la flota. La hoja de ruta de la información requerida para el Plan, así como las reglas para su actualización y aplicación, se desarrollan en el Apéndice Técnico 16.

69.3 Dicho Plan deberá presentarse a la EFR previo al inicio de la operación comercial y actualizarse con la periodicidad establecida en el Apéndice 16.

69.4 Como mínimo, el Plan deberá incluir:

a) composición de la flota
b) estrategia de utilización de Material Rodante
c) asignación de trenes por servicio y franja horaria
d) criterios de formación y deformación de trenes cuando la arquitectura del Material Rodante lo permita
e) esquemas de rotación de flota
f) programación de reservas operacionales
g) criterios de retiro temporal para mantenimiento
h) procedimientos de reincorporación al servicio
i) gestión de indisponibilidades
j) estrategia de atención al crecimiento de demanda.
k) Los demás detalles de este Plan están regulados en el Apéndice Técnico 16.

SECCIÓN 70 – GESTIÓN DEL CICLO DE VIDA DE LA FLOTA

70.1 El Concesionario deberá gestionar la flota considerando el ciclo de vida completo de los activos.

70.2 Cuando resulte necesario para preservar el desempeño, la seguridad, la mantenibilidad o la disponibilidad de la flota, el Concesionario deberá ejecutar programas de renovación, modernización, actualización tecnológica o repotenciación/reacondicionamiento, de acuerdo con el Apéndice Técnico 16.

70.3 La estrategia de ciclo de vida deberá contemplar, como mínimo:

a) sustitución programada de componentes de vida limitada
b) renovación de equipos críticos
c) actualización de sistemas electrónicos y digitales
d) gestión de obsolescencia tecnológica
e) modernización de software y sistemas embarcados

f) preservación de la compatibilidad con la infraestructura y demás subsistemas ferroviarios.

70.4 Las actividades de renovación o repotenciación/reacondicionamiento no podrán reducir los niveles de desempeño exigidos por el Contrato ni comprometer la capacidad necesaria para prestar el servicio conforme a las obligaciones contractuales.

70.5 Sin perjuicio de lo dispuesto en la cláusula anterior, el Concesionario deberá ejecutar, como mínimo, una (1) repotenciación/reacondicionamiento integral en cada una de las Unidades que conforman la flota durante el plazo de la Concesión

70.6 El Concesionario deberá incluir en su Plan de Mantenimiento las actividades de repotenciación/reacondicionamiento de cada Unidad, incluyendo su cronograma, alcance técnico y estrategia de ejecución. Dicho programa estará sujeto a la supervisión de la Interventoría, sin que ello limite la plena responsabilidad del Concesionario por la correcta ejecución de las actividades y por el cumplimiento de los niveles de desempeño exigidos por el Contrato.

70.7 Toda intervención significativa de modernización o repotenciación deberá ser previamente informada a la EFR conforme a los procedimientos establecidos en el Contrato y en el Apéndice Técnico 16.

CAPÍTULO XI – REQUISITOS DE DESEMPEÑO

SECCIÓN 71 – DESEMPEÑO DE MATERIAL RODANTE

71.1 El Concesionario será responsable de monitorear permanentemente el desempeño del Material Rodante y adoptar las medidas necesarias para preservar los niveles de disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad, capacidad, seguridad, confort, accesibilidad, eficiencia energética y demás parámetros funcionales previstos en el Contrato.

71.2 El desempeño del Material Rodante, para efectos de la Retribución, será evaluado mediante los indicadores contractuales establecidos en el Apéndice Técnico 24, sin perjuicio de la evaluación del desempeño del Material Rodante como Subsistema independiente y parte del Sistema Global, el cual seguirá los lineamientos RAMS aplicables para el Proyecto Lo anterior, sin perjuicio de las demás verificaciones que la EFR o la Interventoría puedan realizar para comprobar el cumplimiento de las obligaciones establecidas en el presente Apéndice.

71.3 El Concesionario podrá implementar indicadores técnicos internos para apoyar la gestión del desempeño del Material Rodante, siempre que ello no modifique, sustituya o limite los indicadores contractuales establecidos en el Apéndice Técnico 24.

71.4 La existencia de indicadores contractuales o de indicadores técnicos complementarios no limitará la obligación del Concesionario de cumplir las obligaciones de resultado establecidas en el Contrato, ni el derecho de la EFR o de la Interventoría de verificar directamente el cumplimiento de cualquiera de dichas obligaciones.

71.5 Los métodos de verificación, los criterios de aceptación, las evidencias documentales y los procedimientos para demostrar el cumplimiento de los requisitos establecidos en la presente Sección se desarrollan en el Apéndice Técnico 17, en los lineamientos RAMS de que trata el Apéndice Técnico 1 y en el Apéndice Técnico 24, según corresponda.