

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS BÁSICAS

**EQUIPAMIENTO ELECTROMECÁNICO
Y MATERIAL RODANTE**

TRAMO:

VILLA EL SALVADOR – AV. GRAU

TOMO 2

ENERO 2008

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS BÁSICAS
EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO Y MATERIAL RODANTE.
TRAMO: VILLA EL SALVADOR – AV. GRAU**

INDICE GENERAL

TOMO 1

- 1 INTRODUCCIÓN**
- 2 OBJETO**
- 3 MEMORIA DESCRIPTIVA GENERAL**

TOMO 2

- 4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL MATERIAL RODANTE**

TOMO 3

- 5 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS INSTALACIONES FIJAS**
 - 5.1 SUPERESTRUCTURA DE VIA PERMANENTE**
 - 5.2 SISTEMA DE SUMINISTRO DE ENERGIA**
 - 5.3 ALIMENTACION ELECTRICA Y EQUIPOS PARA LAS ESTACIONES**

TOMO 4

- 5.4 SISTEMA DE SEÑALIZACION**
- 5.5 SISTEMA DE MANDO CENTRALIZADO DE AUTOMATIZACION Y CONTROL**
- 5.6 SISTEMA DE TELECOMUNICACION**
- 6 SERVICIOS DE INGENIERÍA**
- 7. PRESTACIONES DIVERSAS E INSTRUCCIONES GENERALES**
- 8. DOCUMENTACIÓN SOLICITADA**
- 9. TALLERES DE MANTENIMIENTO**
- 10. ANEXOS**

INDICE DEL TOMO 2

4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL MATERIAL RODANTE	5
4.1 OBJETO DEL SUMINISTRO	5
4.2 CONDICIONES GENERALES DE LOS TRENES	5
4.2.1 <i>CONDICIONES AMBIENTALES</i>	5
4.2.2 <i>VÍA Y GÁLIBO</i>	6
4.2.3 <i>TENSIÓN DE ALIMENTACIÓN</i>	11
4.2.4 <i>COMPOSICIÓN DE LOS TRENES, DIMENSIONES, PESO Y CAPACIDAD</i>	11
4.2.5 <i>NORMAS</i>	12
4.2.6 <i>INTERFERENCIAS ELECTROMAGNÉTICAS</i>	12
4.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS TRENES	12
4.3.1 <i>VELOCIDAD</i>	12
4.3.2 <i>TRACCIÓN Y FRENADO</i>	12
4.3.3 <i>CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA</i>	14
4.3.4 <i>FRENO DE ESTACIONAMIENTO</i>	14
4.3.5 <i>CICLOS DE SERVICIO</i>	15
4.3.6 <i>RUIDOS Y VIBRACIONES</i>	15
4.3.7 <i>REQUISITOS DE CALIDAD Y CONFIABILIDAD</i>	16
4.4. BOGIES	17
4.4.1 <i>CARACTERÍSTICAS GENERALES</i>	17
4.4.2 <i>BASTIDOR DEL BOGIE</i>	19
4.4.3 <i>EJE MONTADO</i>	20
4.4.4 <i>CAJAS DE ENGRASE (CHUMACERAS)</i>	23
4.4.5 <i>ENLACES PRIMARIOS</i>	23
4.4.6 <i>ENLACES ENTRE CAJA Y BOGIE</i>	24
4.4.7 <i>MECANISMO DE TRANSMISIÓN DE LA POTENCIA DE TRACCIÓN</i>	26
4.4.8 <i>EQUIPO DE FRENO DEL BOGIE</i>	27
4.4.9 <i>FRENO DE ESTACIONAMIENTO</i>	28
4.4.10 <i>EQUIPOS AUXILIARES DEL BOGIE</i>	28
4.5 CAJAS	31
4.5.1 <i>TIPOS DE CAJAS</i>	32
4.5.2 <i>ESTRUCTURA DE LA CAJA</i>	32
4.5.3 <i>ACOPLADORES (ENGANCHES)</i>	34
4.5.4 <i>PUERTAS</i>	35
4.5.5 <i>PINTURA</i>	37
4.5.6 <i>FAROS Y SEÑALIZACIÓN EXTERIOR LUMINOSA</i>	37
4.5.7 <i>TOMA DE CORRIENTE CON PANTÓGRAFO</i>	37
4.5.8 <i>CABLEADO DE ALTA Y BAJA TENSIÓN</i>	38
4.5.9 <i>ACOPLES ELÉCTRICOS</i>	38
4.5.10 <i>INSCRIPCIONES Y PLACAS</i>	38
4.6 SALÓN DE PASAJEROS	39
4.6.1 <i>PUERTAS DE ACCESO AL SALÓN DE PASAJEROS</i>	39
4.6.2 <i>VENTANAS</i>	42
4.6.3 <i>AISLAMIENTOS</i>	42
4.6.4 <i>REVESTIMIENTOS</i>	42
4.6.5 <i>COMPARTIMIENTO DE PASAJEROS</i>	43
4.6.6 <i>ALUMBRADO</i>	46

4.6.7	<i>INSCRIPCIONES Y PLACAS INTERIORES</i>	47
4.7	<i>CABINAS GUÍA (DE CONDUCCIÓN)</i>	47
4.7.1	<i>BANCO DE MANIOBRAS (PUPITRE DE CONDUCCIÓN)</i>	48
4.7.2	<i>PUERTAS DE ACCESO A CABINA</i>	49
4.7.3	<i>ILUMINACIÓN DE LA CABINA</i>	49
4.7.4	<i>AIRE ACONDICIONADO DE LA CABINA</i>	49
4.7.5	<i>LUCES DE PROTECCIÓN DE LOS TRENES</i>	49
4.7.6	<i>LUCES DE IDENTIFICACIÓN</i>	50
4.7.7	<i>INDICADOR DE RECORRIDO</i>	50
4.7.8	<i>BOCINA ACÚSTICA</i>	50
4.8	<i>TOMA DE CORRIENTE Y CABLEADOS</i>	50
4.8.1	<i>PANTÓGRAFO</i>	50
4.8.2	<i>CABLEADO DE ALTA Y BAJA TENSIÓN</i>	51
4.8.3	<i>ACOPLES ELÉCTRICOS</i>	53
4.8.4	<i>ELEMENTOS DE PROTECCIÓN ELÉCTRICA</i>	53
4.8.5	<i>EQUIPOS Y ARREGLOS DIVERSOS</i>	53
4.9	<i>EQUIPO NEUMÁTICO</i>	54
4.9.1	<i>UNIDAD DE COMPRESIÓN DE AIRE</i>	54
4.9.2	<i>MOTOR ELÉCTRICO</i>	55
4.9.3	<i>SECADOR DE AIRE</i>	55
4.9.4	<i>TANQUES DE AIRE COMPRIMIDO</i>	56
4.9.5	<i>CONTROL, MANDO Y REGULACIÓN</i>	56
4.9.6	<i>INSTALACIÓN NEUMÁTICA</i>	56
4.10	<i>EQUIPO ELÉCTRICO DE TRACCIÓN Y FRENADO</i>	57
4.10.1	<i>CARACTERÍSTICAS GENERALES</i>	58
4.10.2	<i>MOTORES DE TRACCIÓN</i>	65
4.11	<i>CONVERTIDORES ESTÁTICOS</i>	66
4.11.1	<i>CARACTERÍSTICAS GENERALES</i>	66
4.11.2	<i>MONTAJE, CONSTRUCCIÓN Y SEÑALIZACIÓN</i>	70
4.12	<i>BATERÍAS</i>	71
4.13	<i>SISTEMA DE CONTROL Y MANDO DEL TREN</i>	72
4.14	<i>SISTEMA DE COMUNICACIÓN A BORDO</i>	74
4.15	<i>RADIOTELEFONÍA</i>	74
4.16	<i>SISTEMA DE MODOS DE CONDUCCIÓN</i>	74
4.17	<i>CAJA NEGRA</i>	74
4.18	<i>ADECUACIONES A LOS TRENES EXISTENTES</i>	74
4.19	<i>PRUEBAS PRELIMINARES Y DE PUESTA EN MARCHA</i>	75
4.19.1	<i>PRUEBAS PRELIMINARES</i>	75
4.19.2	<i>PRUEBAS DE PUESTA EN MARCHA</i>	76
4.20	<i>DOCUMENTACIÓN</i>	77
4.20.1	<i>DOCUMENTACIÓN DEL ESTUDIO</i>	77
4.20.2	<i>DOCUMENTACIÓN A ENTREGAR CON EL ESTUDIO DEFINITIVO</i>	77
4.20.3	<i>DOCUMENTACIÓN DE ACEPTACIÓN</i>	78
4.20.4	<i>DOCUMENTACIÓN DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO</i>	78
4.20.5	<i>GENERALIDADES SOBRE LA DOCUMENTACIÓN</i>	79

4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL MATERIAL RODANTE

4.1 OBJETO DEL SUMINISTRO

Suministro de Material Rodante nuevo de tipo metropolitano, que satisfagan las exigencias de estas Especificaciones Técnicas Básicas.

Los trenes a suministrar por el CONCESIONARIO deberán estar diseñados y fabricados para alcanzar una vida útil igual o superior a 35 años o 4.500.000 km., lo que ocurra primero, garantizando el cumplimiento de los Niveles de Servicio requeridos en el Contrato. Este dato se utilizará como hipótesis de los cálculos que se efectúen para las diferentes partes del vehículo.

El CONCESIONARIO será responsable que los trenes a suministrar se puedan acoplar mecánica y neumáticamente con los trenes y con la locomotora de maniobras existentes, a través de acopladores ubicados en los vagones con cabina, con el propósito de efectuar maniobras de socorro y compostura disponiendo del frenado neumático en toda la formación acoplada. (como referencia, en el anexo 3, se muestran los planos R0014A y R0019A, con las figuras de la unidad de tracción y del vagón remolque existente).

En su Estudio Definitivo, el CONCESIONARIO deberá proporcionar un cronograma detallado y sus gráficas de barra para el suministro del material rodante solicitado, que incluya todas las etapas hasta la entrega del lote completo de trenes y demás suministros previstos en la presente especificación.

Todos los trenes suministrados en cumplimiento de esta especificación deberán ser uniformes, cualquier cambio realizado en los sistemas o en algún equipo deberá ser incorporado en la totalidad de los vagones.

Se deberá garantizar la intercambiabilidad de todos los equipos principales y auxiliares, así como las partes de reemplazo entre los trenes motivo de esta especificación.

El CONCESIONARIO será el único responsable de que el estudio, fabricación y ensayos de los trenes y sus componentes respondan satisfactoriamente a las exigencias y requerimientos aquí establecidos. Asimismo, deberá diseñar los trenes buscando lograr el mínimo de los costos durante su ciclo de vida.

En el Estudio Definitivo el CONCESIONARIO propondrá, para la aprobación del CONCEDENTE, el diseño de logotipos y los colores con los cuales serán pintados los vagones exteriormente.

4.2 CONDICIONES GENERALES DE LOS TRENES

4.2.1 CONDICIONES AMBIENTALES

La operación de los trenes de la Línea 1 se realizará al aire libre, al nivel del suelo o sobre viaducto, por lo que el material rodante se verá expuesto a las condiciones de una temperatura ambiente poco variable en el curso del año, que puede oscilar entre los 10 a 36 °C, con una precipitación pluvial anual promedio de 15 mm., concentrada en un período de tres meses, y una humedad relativa promedio del 90% y que alcanza al 100%. De manera particular debe considerarse que se trata de un medio ambiente marino, ya que la ciudad de Lima está ubicada frente al mar, y que, además, su atmósfera está expuesta a altos niveles de contaminación durante una parte significativa del año.

La operación de los trenes de la Línea 1 se realizará al aire libre, al nivel del suelo o sobre viaducto, por lo que el material rodante se verá expuesto a las condiciones antes descritas, debiéndose considerar una temperatura ambiente de operación de los trenes de entre 10 y 35 °C.

Se deberá garantizar la estanqueidad de todos los elementos que lo requieran (grado IP-55, según normas IEC o equivalentes), a excepción de los bogies que deberán cumplir con el grado IP-45.

También debe considerarse que los vehículos podrán estacionarse por largos períodos al aire libre sin protección específica, por lo que la temperatura en el interior de los vagones puede alcanzar los 60 °C.

4.2.2 VÍA Y GÁLIBO

El sistema de vía está acondicionado especialmente para permitir el rodamiento y el guiado de los vagones por medio de ruedas metálicas. La vía está constituida por rieles y elementos similares a los de una vía férrea clásica, con una trocha estándar de 1.435 mm.

Las condiciones límite del trazo de las vías son las siguientes:

- Rampas y pendientes del 3%, pudiendo alcanzar localmente hasta 3,5%.
- Curva continua de 70 m. de radio, de un desarrollo superior a la longitud de dos vagones enlazados tangencialmente sin acoplamiento parabólico en los alineamientos que los rodean, comprendiendo éstos, por lo menos, la longitud de un vagón. Las curvas son siempre seguidas por un tramo recto de, por lo menos, 7,5 m antes de la contra curva.
- El peralte en curva, medido sobre la vía férrea, puede alcanzar 140 mm, los enlaces en perfil se efectúan con una inclinación que no exceda del 0,6%. No siempre es posible realizar enlaces parabólicos correctos a las entradas y salidas de curva; por lo que es necesario considerar el caso límite de enlace directo "alineación – curva" para la determinación de los esfuerzos máximos a los que serán sometidos los vagones.
- Los andenes de las estaciones tendrán una altura sobre el plano de rodadura de 1.050 ± 5 mm. y estarán construidos normalmente en tramos de alineación recta y horizontal con una longitud mínima de 120 m. Excepcionalmente, se permitirán andenes en curvas horizontales con radios no menores de 800 m.

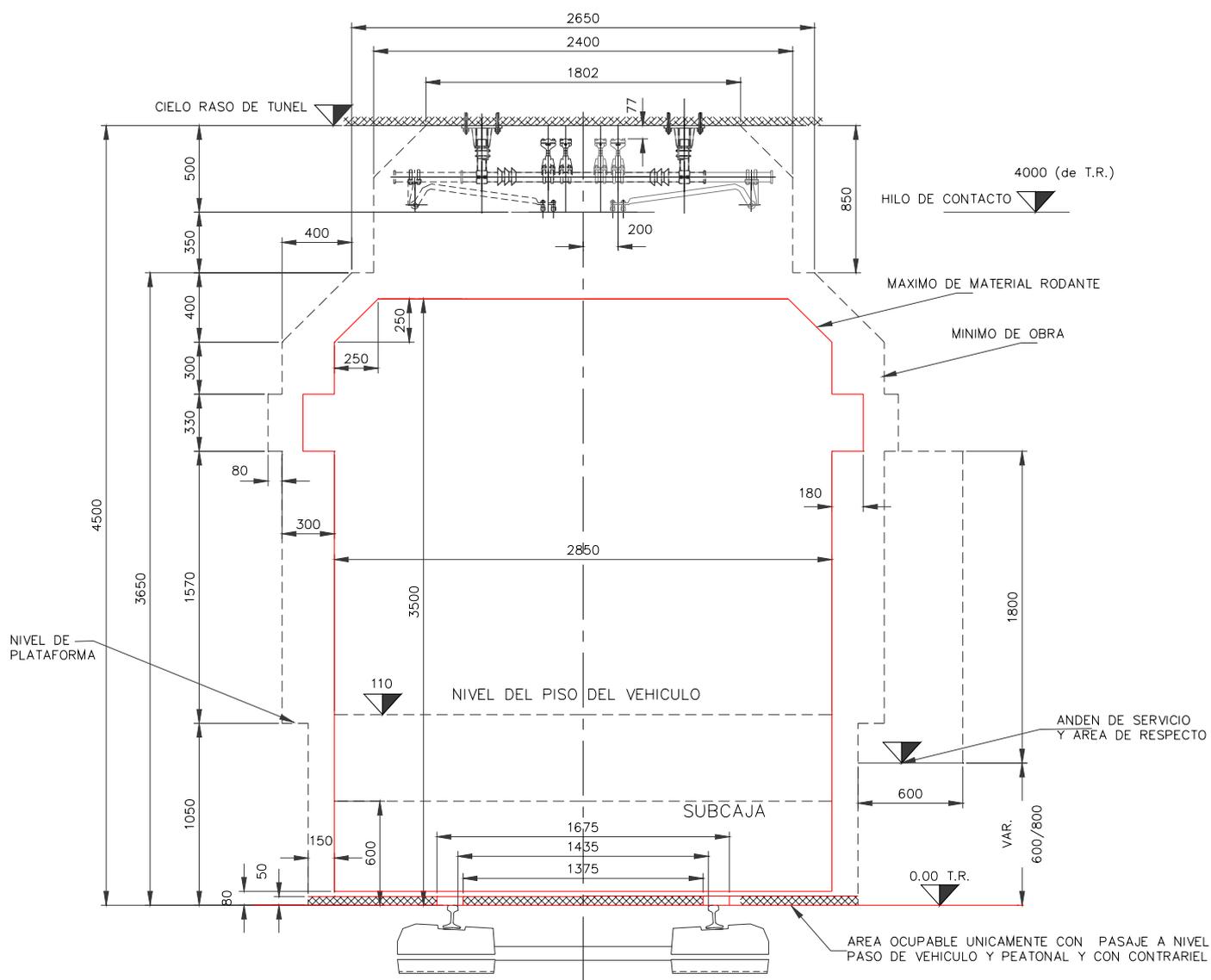
Se debe garantizar que el material rodante a ser suministrado se sujetará a las dimensiones mínimas de obra del tramo construido y que las obras civiles a ser construidas cumplirán con los gálibos máximos del material rodante.

Se deberá presentar todas las dimensiones del material rodante, además de los diseños de los gálibos estático y dinámico, y la memoria de cálculo completa con todos los métodos y criterios adoptados para dichos cálculos.

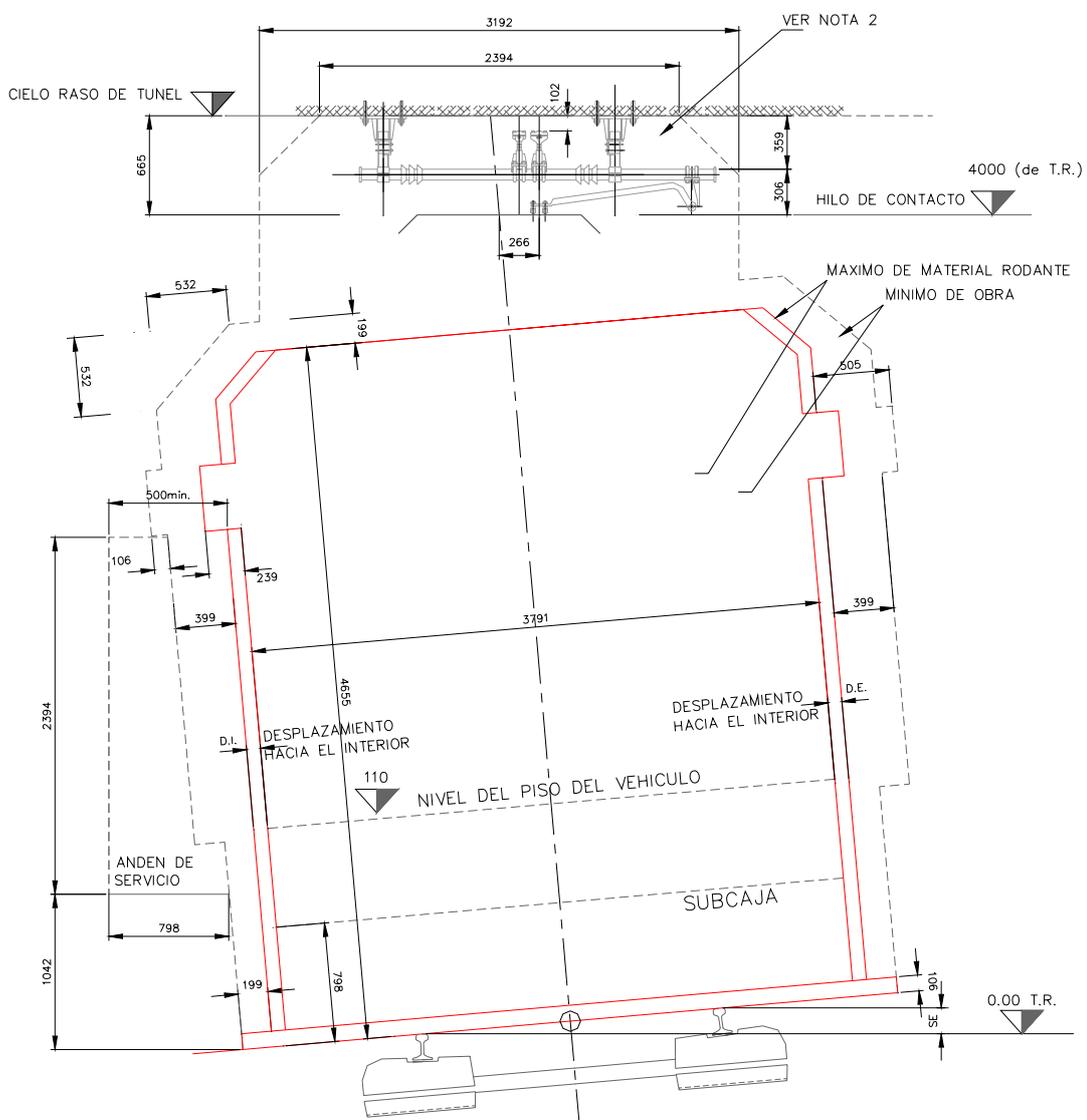
Las oscilaciones máximas de la caja del vagón en movimiento no deberán sobrepasar, aún en las peores condiciones de desgaste de la vía y del vagón, los límites determinados por el gálibo especificado.

En los gráficos a seguir se muestran los gálibos dentro de los cuales deben quedar inscritas las cajas y los órganos instalados bajo el bastidor. Permiten igualmente determinar las dimensiones a respetar en las maniobras de tramo recto y en curvas, de manera que se aseguren en todas las circunstancias condiciones satisfactorias de seguridad.

GALIBO FERROVIARIO DE UNA SECCION TIPICA EN RECTA



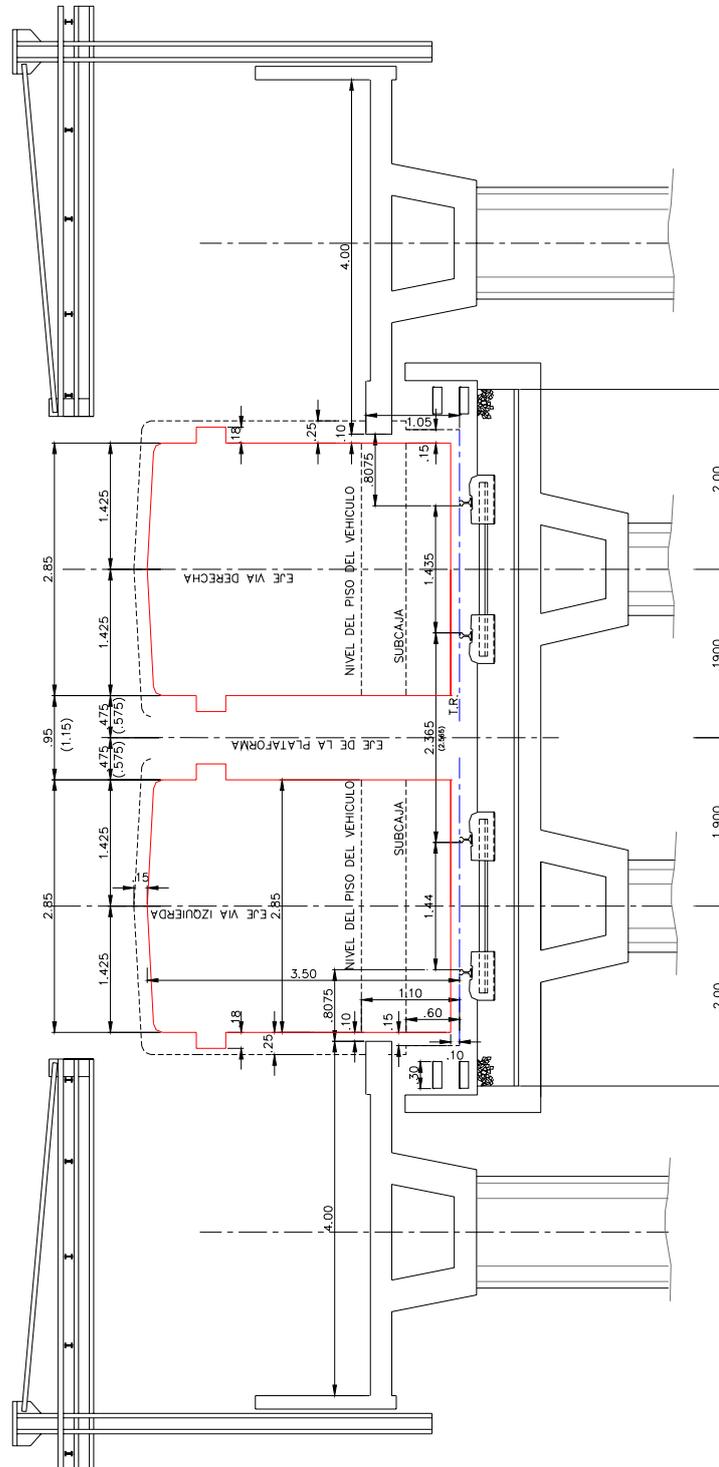
GALIBO FERROVIARIO DE UNA SECCION TIPICA EN CURVA



1. - C.E. VARIABLE, MAX. 14 CM.

2. - D.I. Y D.E. ESTAN EN FUNCION DEL RADIO DE CURVA Y LA DISTANCIA ENTRE EJES.

**GALIBO FERROVIARIO DE UNA SECCION TIPICA EN ESTACION
(EN VIADUCTO ELEVADO)**



4.2.3 TENSIÓN DE ALIMENTACIÓN

El suministro de la energía eléctrica para la tracción se efectúa a través de una línea de contacto elevada (vía catenaria). La tensión nominal de la corriente en línea es de 1.500 Vcc. Dependiendo de las condiciones de carga de la red, esta tensión puede elevarse a 1.800 Vcc, descender aproximadamente a 1.200 Vcc y pasar bruscamente de uno de estos valores al otro. Los trenes deberán funcionar perfectamente en este intervalo de tensión.

La tensión continua de tracción, 1.500 Vcc, es distribuida por los cables aéreos que operan como polo positivo, y es captada por una escobilla montada sobre el pantógrafo de los vagones con motor. El polo negativo de retorno de corriente lo constituyen los rieles de la vía férrea.

4.2.4 COMPOSICIÓN DE LOS TRENES, DIMENSIONES, PESO Y CAPACIDAD

El Tren Unidad Eléctrica (TUE) será funcionalmente independiente, cada TUE, en adelante Tren, deberá tener cabina de conducción en los extremos, contará con dos pantógrafos, equipamiento electromecánico de marcha, frenado y servicios auxiliares y deberá tener acopladores automáticos en ambos extremos.

El número de trenes y vagones por tren a ser suministrados por el CONCESIONARIO deberá ser tal que, en conjunto con los trenes existentes, permita ofrecer una capacidad de transporte que atienda la demanda de viajes real de pasajeros. El número de vagones a ser suministrados por el CONCESIONARIO, sin considerar el Material Rodante existente, no deberá ser inferior a treinta y seis (36).

La longitud máxima de un tren no podrá ser superior a 110 m., adecuando el número de vagones a esa dimensión.

En el Estudio Definitivo el CONCESIONARIO indicará las características de la conformación del tren y la cantidad y tipo de vehículos que lo componen, de tal manera de optimizar la capacidad del transporte respecto a la demanda y el consumo de energía eléctrica.

Todos los vagones en su interior serán similares.

A continuación se muestran las principales dimensiones a considerar para los vagones:

Longitud máxima de un Tren:	110,00 m.
Ancho máximo de la caja de un vagón:	2.850 mm.
Altura del piso del vagón por encima de la superficie de rodamiento:	1.100 mm.
Altura mínima de la línea de contacto existente	3.940 mm.
Altura máxima de la línea de contacto existente	4.700 mm.
Radio mínimo de curva	70,00 m.

En el Estudio Definitivo se indicarán los datos del peso de cada tipo de vagón, y su "capacidad de carga máxima" (CCM) en las siguientes condiciones de 3/4 de la CCM, 4/4 de la CCM (carga nominal) y 5/4 de la CCM (sobrecarga excepcional), considerando un peso medio por pasajero de 60 kilogramos. Para tal efecto deberá considerar la CCM con una densidad de 6 pasajeros/m².

La instalación y la disposición de los asientos deberán optimizar la capacidad, la comodidad y el tiempo de entrada y salida de los usuarios. Para cumplir con este propósito, se deberá considerar una disposición lateral de los asientos.

El peso de los vagones con sobrecarga excepcional no deberá ser superior a la carga máxima de 12,00 toneladas por eje.

4.2.5 NORMAS

Las normas que se aplicarán al estudio, fabricación, reparación y ensayos de los vehículos serán de carácter internacional.

4.2.6 INTERFERENCIAS ELECTROMAGNÉTICAS

Los trenes y sus equipos no deben ser perturbados por los campos electromagnéticos conducidos y radiados por los diversos sistemas de información, control o mando existentes en las instalaciones fijas, ni viceversa, así como por fuentes externas. Se exige el cumplimiento de las normas IEC 50, 801, CISPR 11 o equivalente.

4.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS TRENES

En esta sección se describen las condiciones, tanto nominales como excepcionales, bajo las cuales operarán y darán servicio los trenes.

4.3.1 VELOCIDAD

En recta y a nivel, la velocidad máxima impuesta a los trenes será igual o superior a 80 km/h. En curva, la velocidad máxima será determinada de forma tal que, tomando en cuenta el peralte local, los vagones circulando a esta velocidad sean sometidos a una fuerza centrífuga de aceleración máxima de 0,1 g ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$).

4.3.2 TRACCIÓN Y FRENADO

Las exigencias dinámicas de tracción y frenado para un tren se especifican a continuación, en cumplimiento de las hipótesis de tensión nominal de alimentación, vía recta y horizontal, y rieles secos.

El tren, cualquiera que sea su composición, con carga nominal (4/4 de la CCM) deberá alcanzar 40 km/h en 13 segundos máximo, y 72 km/h en 35 segundos máximo, los tiempos se miden a partir de que se ordena la tracción.

La aceleración máxima en tracción no será inferior de $1,0 \text{ m/s}^2$, en cualquier condición de carga, y deberá existir la posibilidad de ajustes para la misma desde $0,6 \text{ m/s}^2$ hasta $1,0 \text{ m/s}^2$. El frenado eléctrico regenerativo deberá producir una desaceleración máxima no menor de $1,0 \text{ m/s}^2$, constante e independiente de la velocidad del tren.

El sistema de control permitirá una aceleración y desaceleración independiente de la carga.

El CONCESIONARIO deberá incluir en su Estudio Definitivo los cálculos y simulaciones que demuestren el cumplimiento de estos requerimientos.

Frenado Eléctrico

El frenado eléctrico regenerativo deberá producir una desaceleración máxima no menor de $1,0 \text{ m/s}^2$, constante e independiente de la velocidad del tren

El frenado eléctrico deberá actuar hasta el mínimo de 12 km/h, siendo sustituido por el frenado neumático, respetando el Jerk. Esta sustitución se realizará de tal manera que la

desaceleración no sufra cambios durante la transición. En todos los casos en los que se demande una desaceleración mayor que el máximo que el motor pueda proporcionar, el frenado eléctrico se complementará con frenado neumático.

Para los casos en que, por cualquier causa, el frenado eléctrico no sea capaz de suministrar la desaceleración requerida en uno o más vagones, éste será sustituido o complementado por el frenado neumático en el vagón afectado, sin que se presente un cambio en la desaceleración al momento de la sustitución.

Freno Reostático

El sistema deberá incluir frenado reostático, con una capacidad mínima del reóstato tal que permita frenar al tren, con una desaceleración de $0,32 \text{ m/s}^2$ a partir de una velocidad de 75 km/h, con carga de 3/4 de la CCM.

Con el propósito de obtener las máximas ventajas de recuperación de energía, el sistema deberá contar con un equipo de control que vigile en todo momento la receptividad de la línea durante el frenado, utilizando al máximo las posibilidades de este modo de frenado e inhibiendo la regeneración, en caso de corte de la alimentación a tracción.

El esfuerzo eléctrico de frenado regenerativo debe ser prioritario sobre los esfuerzos reostático y mecánico (neumático). El esfuerzo de frenado eléctrico reostático, deberá ser prioritario al esfuerzo de frenado mecánico (neumático), en caso de que el frenado regenerativo no sea posible.

En cada una de las posiciones de frenado, el tren suministrará las desaceleraciones siguientes para los estados de carga que se indica:

- Para el grado de frenado de emergencia (FE): Será un valor fijo en el rango de 1,3 a 1,5 m/s^2 en plano horizontal, para cualquier condición de carga del tren. Su operación será exclusivamente neumática. La desaceleración ofrecida, en el rango de 1,3 a 1,5 m/s^2 , deberá ser considerada desde el inicio de la aplicación del frenado hasta la parada del tren, para cualquier velocidad.
- Para el grado máximo de servicio (F6): Será un valor no menor de 1,2 m/s^2 en terreno plano para cualquier condición de carga del tren. Su operación será conjugada, es decir, eléctrica y neumática, o sólo neumática.
- Para el grado mínimo de servicio (F1): Será un valor no menor de 0,20 m/s^2 en terreno plano para cualquier condición de carga del tren. Su operación será conjugada, es decir, eléctrica y neumática, o sólo neumática.

Para las posiciones intermedias, aquellas entre el frenado mínimo y el frenado máximo de servicio, aun cuando el control deberá ser siempre continuo, se requiere una variación de desaceleración que sea proporcional al desplazamiento del manipulador entre las dos posiciones mencionadas.

En tracción y frenado de servicio el *jerk* deberá ser menor a $0,8 \text{ m/s}^3$ con carga de 4/4 de la CCM. En frenado de emergencia el *jerk* deberá ser menor a $1,4 \text{ m/s}^3$ con carga de 4/4 de la CCM. Para garantizar mejores condiciones de tracción y frenado, en condiciones de baja adherencia, se integrará en los equipos de tracción y frenado un sistema antipatinaje y antideslizamiento electrónicamente controlado.

Se incluirá un sistema de corrección automática de la tracción y del frenado en función de la carga del tren para mantener constantes las reacciones dinámicas del vehículo. Esta condición se expresa en términos de la carga por bogie, que se obtendrá midiendo la presión media procedente de los elementos de la suspensión neumática del bogie. Se deberá incluir en el Estudio Definitivo la descripción del sistema con que se logrará la corrección automática. El freno de emergencia deberá ser activado para la posición de freno de emergencia del

controlador maestro y/o por una llave independiente en la cabina. El frenado de emergencia se deberá activar siempre cuando haya desacoplamiento accidental de vagones.

Se deberá informar el tiempo de respuesta del equipamiento de freno, considerando los componentes y equipamientos en condiciones de máximo desgaste.

Se deberá presentar las curvas de esfuerzo de tracción por velocidad y de aceleración por velocidad, para las condiciones de vagón vacío y vagón cargado, para tensiones de línea mínima, nominal y máxima.

4.3.3 CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

El consumo de energía de los trenes propuestos deberá contemplar la capacidad de suministro de energía eléctrica de las subestaciones rectificadoras existentes y por construir.

Defínase el índice de consumo específico de energía eléctrica como:

$$I = \frac{\text{Energía eléctrica consumida por el tren en un trecho(enWh)}}{\text{Masa del tren(en toneladas)} \times \text{longitud del trecho(Km)}}$$

El índice deberá ser calculado de acuerdo con las siguientes premisas:

- ◆ Longitud del trecho igual a 1 km;
- ◆ Vía en tangente y a nivel;
- ◆ Los vagones del tren con carga de 6 pasajeros por m²;
- ◆ Velocidad máxima en el trecho de 80 km/h;
- ◆ El tren necesariamente deberá alcanzar esta velocidad y mantenerla hasta iniciar el frenado de parada;
- ◆ Máxima aceleración de partida;
- ◆ Máxima desaceleración de frenado;
- ◆ No considerar la energía regenerada;
- ◆ No considerar la energía consumida en los sistemas auxiliares;
- ◆ Tensión de red en 1500 vcc;

El fabricante deberá indicar el índice de consumo específico de los trenes propuestos, el mismo que no podrá superar 80 Wh/Ton-Km, tomando en cuenta que en las simulaciones de consumo eléctrico elaborado por el consorcio Tralima, para el tramo “Villa El Salvador – Hosp. Dos de Mayo”, con frecuencia de 210 seg., el índice de consumo específico era de: 70 Wh/Ton-Km

4.3.4 FRENO DE ESTACIONAMIENTO

El freno de estacionamiento deberá impedir, de manera absoluta, el desplazamiento del tren bajo el efecto de la fuerza de gravedad hasta de una rampa de 5% cuando esté detenido. Esta inmovilización debe estar asegurada en las condiciones más desfavorables que puedan presentarse, incluyendo un freno de estacionamiento fuera de servicio. El freno de estacionamiento deberá ser aplicado por esfuerzo de un muelle mecánico y desaplicado por aire comprimido.

4.3.5 CICLOS DE SERVICIO

Las prestaciones del Servicio en la Línea 1 están definidas en el Contrato de Concesión. La velocidad comercial de los trenes en la línea está calculada en 40,0 km/h. El kilometraje recorrido anual promedio debe definirse en el Estudio Definitivo.

Así mismo, en el Estudio Definitivo se deberá incluir los resultados de las simulaciones correspondientes a los ciclos de servicio para la línea completa.

En caso de existir un tren inmovilizado antes de llegar a una estación y no pueda reiniciar la marcha por sus propios medios, será desalojado y auxiliado por otro tren que, en vacío, se acoplará a él para retirarlo del servicio. Las exigencias de la tracción deben ser tales que el tren en vacío pueda empujar o jalar al tren auxiliado por la máxima rampa y con radio de curvatura mínimo.

En caso de aislamiento del freno eléctrico de un vagón motor, las exigencias globales del frenado del tren se conservarán debido a la sustitución del frenado eléctrico por el frenado neumático del vagón afectado. Las dimensiones de los discos de freno deberán establecerse teniendo en cuenta que esta condición podrá prevalecer hasta por 2 horas en servicio con carga de 5/4 de CCM.

4.3.6 RUIDOS Y VIBRACIONES

Los trenes deberán ser concebidos para reducir las vibraciones y el ruido con el fin de minimizar su efecto sobre los usuarios y el entorno. Deberá permitir la disminución de los ruidos y las vibraciones generados por los órganos principales y auxiliares, tanto en el interior como en el exterior de los vehículos.

El montaje de los equipos que se ubican bajo bastidor y en el interior de la caja se realizará de tal forma que se limite el nivel de ruido perceptible tanto en el interior como en el exterior del vehículo. En caso necesario, se proveerá revestimientos para el aislamiento sónico, pantallas o suspensiones elásticas. Estos elementos se fabricarán en materiales ignífugos y, además, de conformidad con la norma NF 16-101.

Asimismo, se deberá atenuar los ruidos de las diferentes paredes guarnecidas en la estructura de la caja para que las frecuencias resonantes estén desacopladas en cualquier punto del rango normal de funcionamiento.

Nivel de Ruido Producido en Campo Libre por un Tren:

Se deberá garantizar que, en el tren suministrado, el nivel de ruido continuo equivalente durante el tiempo de paso de un tren que circula en condiciones de campo libre, medido a 7,5 m del eje de la vía, según define la norma nfs 31-019, no excederá los 80 dBA a una velocidad estabilizada de 60 km/h \pm 5%.

Nivel de Ruido en el Interior de los Vehículos:

En el interior de los vehículos, el nivel del ruido no excederá los 74 dBA en las condiciones de Velocidad de 50 km/h, nivel tangente y planos, vía férrea de rieles continuamente soldados, todas las puertas y ventanas cerradas, medidas a 1.200 mm. del piso y 250 mm. de las paredes.

Vibraciones:

Es importante dar una atención especial para asegurar una generación mínima, o bien con una atenuación adecuada de todas las vibraciones, de modo que no afecten el confort de los pasajeros. Las frecuencias propias de las vibraciones deberán satisfacer al máximo posible aquellas perjudiciales a la salud definidas por la norma ISO 2631.

A fin de cuantificar los niveles de vibración en servicio normal, todos los equipos deberán respetar los valores máximos que se indica a continuación:

Equipos montados en caja:

- Vibraciones: 0,4 g, rms de 1 Hz a 100 Hz
- Impacto: 3 g, cresta durante $4 \text{ ms} < t < 10 \text{ ms}$

Equipos montados en chasis de bogie:

- Vibraciones: 1 g, rms de 20 Hz a 100 Hz
- Impacto: - 20 g, cresta en vertical; - 6 g, cresta en transversal y longitudinal; durante $4 \text{ ms} < t < 10 \text{ ms}$

4.3.7. REQUISITOS DE CALIDAD Y CONFIABILIDAD

Las partes estructurales de los vagones deberán tener una vida útil mínima de 35 años

Ciclos de mantenimiento

La inspección periódica o ciclo de mantenimiento preventivo deberá ser realizado preferentemente cada 24.000 km de operación.

El ciclo de revisión general deberá ser de 1.200.000 km de operación. Todos los equipos mecánicos, eléctricos y electrónicos deberán tener sus mantenimientos preventivos en intervalos iguales o múltiplos de la inspección periódica.

Se deberá suministrar por el fabricante un plan de Conservación donde se deberá contar los procedimientos de todas las actividades preventivas con sus respectivos intervalos de ejecución.

Indices de confiabilidad.

La confiabilidad es la capacidad de un ítem de desempeñar funciones específicas, sobre condiciones determinadas, por un intervalo de tiempo determinado.

La confiabilidad es medida por el MKBF (Mean Kilometres Between Failure - kilometraje medido entre fallas) y MTBF (Mean Time Between Failure - tiempo medido entre fallas), como sigue:

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Kilometraje acumulado del Material Rodante}}{\text{Numero de fallas}}$$

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Tiempo de operación del Material Rodante}}{\text{Numero de fallas}}$$

Fallas es el término de capacidad de un ítem de desempeñar una función requerida

El fabricante deberá garantizar el índice de confiabilidad MTBF/MKBF de cada sistema para toda la flota. Para la verificación de los MTBF/MKBF, deberán ser consideradas todas las fallas que interfieran en la operación comercial del tren, sin considerar el tiempo de restablecimiento.

Considerando como referencia un kilometraje medio anual de 150.000 km por tren, los valores esperados de MKBF serán:

Sistema	MKBF (km)
Caja Cajina, consola, salón, bancos, cerraduras, paneles de revestimiento, piso, agarraderas, pasamanos, etc	240.000
Freno Comando, unidad operante, deslizamiento y patinamiento, freno de estacionamiento, sistema neumático, etc.	200.000
Iluminación y anunciadores Reactores, inversores, instrumentación de consola, indicadores de destino, etc.	90.000
Equipamiento Eléctrico Pantógrafos, disyuntores principales, inversores auxiliares batería, rectificadores, etc.	120.000
Propulsión Comando, motores de tracción, inversores de tracción, contactores, etc	80.000
Puertas Comando, mecanismos, hojas de puertas, etc	120.000
Suministro de aire Compresores, desumidificadores, comando, etc.	240.000
Climatización Compresores, condensadores, evaporadores, etc	120.000
Difusión sonora Controles, fuentes, amplificadores, etc.	180.000
Acoplamientos Enganches, conexiones, cabos, tomadas, etc.	1.200.000
Bogies Estructura, suspensiones, ruedas, reductores, mecanismo de freno, etc.	600.000
Sistema de control del Tren "Data-Bus"	250.000

En caso que los valores de confiabilidad especificados no se han alcanzados, el fabricante deberá tomar las medidas necesarias para su atención.

4.4. BOGIES

4.4.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Los bogies deberán cumplir con los requerimientos técnicos - funcionales siguientes:

- Los bogies que se proponga deberán estar preparados para poder cumplir con las características indicadas el material rodante de esta especificación técnica
- El Bastidor deberá ser fabricado con piezas de acero soldado.
- Deberán cumplir las prestaciones indicadas en cuanto a condiciones de resistencia y calidad de marcha de los trenes que en él se indican.

- Los bogies que se proponga deberán tener buenas características de marcha en todas las velocidades hasta la máxima, baja agresividad a la vía, esfuerzos reducidos de inscripción en curva, cadena de transmisión del esfuerzo semi-suspendida, reparto uniforme de peso entre las ruedas y alto aprovechamiento de la adherencia rueda - carril.
- Serán bogies bimotores, con montaje de los motores enteramente suspendido. La suspensión primaria mediante amortiguadores caucho-acero o tipo “sandwich” en láminas de acero con goma y la secundaria neumática. El acoplamiento de los motores al eje podrá ser del tipo cardan paralelo y engranaje flexible tipo WN o del tipo acoplamiento dentado tipo homocinético.
- Los bogies deberán permitir el torneado de ruedas con un torno en fosa, para lo que dispondrán de los correspondientes amarres en las cajas de grasa (chumaceras).
- Los bogies deberán requerir un mantenimiento reducido, para lo que habrá de tenerse en cuenta los puntos siguientes:
 - Simplicidad en el montaje de la caja sobre los bogies.
 - Ausencia de elementos sometidos a fricción.
 - Accesibilidad a los distintos componentes del bogie y, en especial, a los motores de tracción, de modo que su desmontaje sea sencillo y sin levantar la caja.
 - Dilatados períodos de engrases consecutivos y, cuando esta operación sea necesaria, por ejemplo en reductores, transmisiones, etc., superiores a los 100.000 km.
 - Los intervalos de revisión general de los bogies serán lo más espaciados posible, debiendo ser como mínimo de 700.000 km.
- Los bogies de los vagones motores y remolques tendrán diferencias mínimas debiéndose poder convertir fácilmente unos en otros. Como mínimo, deberán tener idénticos los bastidores.
- Los bogies, así como los distintos elementos de su construcción, deberán ser intercambiables entre sí.
- Con el Estudio Definitivo deberán presentarse, como mínimo, la documentación y cálculos previos que a continuación se indican:
 - Planos de conjunto y detalles de los bogies que se estimen convenientes para la mejor comprensión del bogie que se ofrece.
 - Peso y características principales de los bogies.
 - Cálculos dinámicos de estabilidad del vehículo a la velocidad máxima (no inferior de 80 km/h), con perfiles de rodadura nuevos y usados.
 - Cálculo previo de las frecuencias propias de las suspensiones vertical y transversal.
 - Flexibilidad vertical y transversal de las suspensiones y frecuencia de resonancia.
 - Cálculo previo del cuerpo de eje.
 - Cálculo de la vida de los rodamientos de las cajas de grasa (chumaceras).
 - Cálculo de las prestaciones del freno de servicio y del freno de estacionamiento.
- Siempre que sea posible, el motor de tracción admitirá engrases a realizar desde la fosa, mediante el uso de engrasadores apropiados. La unión caja - bogie se realizará por corona de bolas.
- Al menos se dará dos tipos homologados de aceite, fácilmente localizables en el mercado.

- El bastidor, el travesaño y demás piezas del bogie deberán estar eficazmente protegidos contra la oxidación mediante un proceso de pintado adecuado, debiéndose indicar en el Estudio Definitivo el proceso previsto y el tipo de pintura que se va a utilizar.
- En los lados del bogie y sobre los largueros se colocarán las placas del fabricante así como la de identificación, en la que deberá figurar el anagrama del operador, año de fabricación y el número de serie.
- Las placas serán metálicas y estarán fijadas convenientemente de modo que se evite su pérdida o caída a la vía.
- Los bogies deberán tener especial resistencia al desgaste en elementos embocinados o roscados.
- Las cargas que se deberán tener en cuenta como hipótesis para el cálculo serán las estipuladas para las características de los trenes en estas especificaciones técnicas. Las pruebas estáticas y dinámicas se realizarán conforme a la Norma UIC 515, o equivalente.

Tensiones máximas admisibles

Los cálculos de la estructura del bogie se efectuarán por el método de los elementos finitos, bajo dos hipótesis básicas de cargas a aplicar:

Para condiciones excepcionales, como es el caso de impactos longitudinales o transversales accidentales, la estructura no debe presentar deformaciones permanentes. En ellas, la tensión de comparación corresponde al límite elástico del material utilizado.

Para condiciones de servicio repetitivas que hacen trabajar el material de fatiga. Para esta situación que es la más habitual, las tensiones de la estructura resultantes de las diferentes combinaciones de cargas se compararán con el límite de fatiga del material, de acuerdo con el diagrama de Goodmann o de seguridad del acero en cuestión, teniendo en cuenta la alternancia de las cargas y los defectos de reducción del límite de fatiga por efectos de la soldadura.

El diagrama que se utilizará será el de seguridad que figura en el documento ORE B12, Reporte 17, o equivalente, correspondiente a esta calidad de acero, que es de aplicación para estructuras ferroviarias soldadas, en el que se tienen en cuenta tanto la influencia de las soldaduras sobre los límites admisibles, como un coeficiente de seguridad del 50%.

Para calcular el valor medio de la tensión, así como de su alternancia, se tomarán los resultados de la aplicación de las cargas verticales y transversales en condiciones de carga normal, con los criterios establecidos en la Norma UIC 515 o equivalente, tomando para el cálculo de las cargas los coeficientes de $\alpha = 0,15$ y $\beta = 0,35$.

4.4.2 BASTIDOR DEL BOGIE

Deberá ser de construcción completamente soldada. Las diversas secciones de los elementos que lo componen se diseñarán de modo tal que el bastidor resulte ligero y robusto al mismo tiempo.

El material del bastidor será básicamente chapa de acero laminada (LAHT – low alloy high tensile) pudiendo ser el de los soportes o accesorios acero moldeado o forjado. En cualquier caso, deberá ser de buena soldabilidad y adecuado para el tipo de construcción prevista. En el Estudio Definitivo se indicará el tipo de material así como sus características mecánicas, especificaciones de reparación, etc. y su límite de fatiga. La geometría del bastidor se diseñará de modo que se produzca un reparto racional de los esfuerzos, evitando en general la concentración de los mismos y, en particular, en los puntos de unión entre piezas, así como en

la unión de largueros con traviesas intermedias y con cabeceras, en su caso. El bastidor deberá ser del tipo de ruedas internas.

Se evitará los cambios bruscos de sección del bastidor que pudieran ser origen de concentración de tensiones elevadas. Las principales soldaduras del bastidor deberán ser controladas por un procedimiento contrastado (rayos X, ultrasonido o partículas magnéticas), a fin de comprobar su sanidad. En el Estudio Definitivo se indicará el procedimiento que se propone para esta inspección.

En la fabricación se tenderá a eliminar las soldaduras en posición diferente a la horizontal en suelo, debiendo en cualquier caso efectuarse una correcta preparación de los bordes de las piezas antes de soldar (chaflanes, separación entre piezas, etc.).

En la fase de fabricación y antes de comenzar ésta se definirá los parámetros correspondientes a cada una de las soldaduras, debiéndose efectuar pruebas de soldadura de las principales uniones del bogie a fin de comprobar la correcta elección de parámetros. Estas pruebas se repetirán, de forma esporádica y a requerimiento de la inspección.

Los soldadores que intervengan en la reparación de los bastidores y travesaños deberán estar homologados según norma UIC 897-11 u otra equivalente para los distintos tipos de soldadura que se debe efectuar.

En el bastidor se incorporarán los soportes de los diferentes elementos del bogie, tales como motores, guiado de ejes, timonería de freno, cilindros de freno, etc.

El bastidor dispondrá de elementos de amarre, en los extremos de los largueros, para realizar el transporte del bogie en los talleres, por medio de tractor o cabrestante.

En el Estudio Definitivo se indicará el material utilizado para los principales soportes del bogie, así como sus características mecánicas, especificaciones de fabricación, etc. y el límite de fatiga.

Una vez soldado el bastidor, será sometido a un tratamiento térmico adecuado para eliminar las tensiones residuales producidas en el proceso de soldadura. El horno deberá tener un sistema de registro de temperatura para controlar el tratamiento, debiéndose entregar los diagramas tiempo - temperatura del mismo. Si el proceso de fabricación no requiere tratamiento térmico, el CONCESIONARIO deberá justificarlo por escrito ante el CONCEDENTE.

Las principales soldaduras del bastidor deberán ser controladas por un procedimiento contrastado (rayos X, ultrasonido o partículas magnéticas), a fin de comprobar su sanidad. En el Estudio Definitivo se indicará el procedimiento que se propone para esta inspección.

Sobre uno de los primeros bastidores de bogie que se fabrique se realizarán ensayos extensométricos, para verificar las tensiones de trabajo correspondientes a las diferentes hipótesis de carga, así como ensayos de fatiga para comprobar su idoneidad para los esfuerzos a que va a estar sometido durante el servicio al que está destinado.

4.4.3 EJE MONTADO

Se considera eje montado al conjunto formado por un cuerpo de eje y sus dos ruedas caladas a presión sobre él. Las ruedas, así como los demás elementos que pueden ir calados a presión sobre el eje deberán estar provistos de los correspondientes orificios de decalaje por presión de aceite.

La resistencia eléctrica de los ejes montados será inferior a 0,01 ohmios, según norma UIC 512 o equivalente.

Cuerpo del Eje

Será recto, de acero forjado y laminado según Especificación UIC 811 o equivalente. En el Estudio Definitivo se indicará sus características, el material elegido, su tratamiento, las especificaciones de fabricación, ensayos y pruebas que se aplicarán. Las dimensiones se determinarán de acuerdo con los esfuerzos que debe soportar, debiéndose presentar, como se ha indicado anteriormente, los cálculos preliminares de resistencia del mismo. Estos cálculos se revisarán en la fase de proyecto de acuerdo con los datos concretos del mismo. El diseño del eje será tal que permita su inspección mediante ultrasonido durante el servicio sin que sea necesario su desmontaje del bogie. Con la documentación requerida se entregará el reflectograma estándar para este tipo de eje.

Los Rodamientos de Ejes

Los rodamientos acomodados en la caja deberán ser del tipo rodamiento en paquete cerrado de 120 mm. de diámetro.

Ruedas

Las ruedas serán fabricadas de una pieza forjada, de acuerdo con la especificación UIC 812-128 o equivalente, permitiendo el montaje de los discos del freno de ser el caso.

En el Estudio Definitivo se indicará el material para la fabricación de las ruedas, el cual será elegido teniendo en cuenta las cargas a soportar, el tipo de freno que se adopte y buscando obtener un recorrido entre retorneados lo mayor posible. Se fijará como objetivo conseguir recorridos mínimos entre una vida de ruedas por encima de 600.000 km.

Si se eligen ruedas con aro, el acoplamiento de los centros de las ruedas sobre los ejes y el de los aros sobre los centros de la rueda deberá efectuarse en caliente, con interferencias adecuadas para garantizar el nivel de seguridad necesario. El acoplamiento de los centros de la rueda de los ejes podrá realizarse también a presión de aceite, según el sistema SKF u otro similar que se indicará en el Estudio Definitivo, además del material y su tratamiento.

El diámetro de la rueda nueva no podrá exceder de 840 mm., y con máximo desgaste no deberá ser inferior de 740 mm.

Asimismo, se deberá entregar con la documentación del vehículo los diagramas reales de calado de ruedas y demás elementos calados a presión en el eje, como coronas de transmisión y, en su caso, disco de freno.

Se indicará, asimismo, la máxima diferencia de diámetro de rodadura admisible entre ruedas de un mismo eje, entre las de un bogie y entre distintos bogies, en función de las exigencias impuestas por el equipo de tracción en sus partes mecánica y eléctrica.

Se deberá ceñirse a los perfiles de rodadura que tienen los rieles y las ruedas de los trenes existentes, según lo señalado en los siguientes dibujos:

Los engrasadores de pestaña deberán ser instalados en los primeros ejes de los vagones con cabina.

Los bogies dispondrán de dispositivos de retorno de corriente en los ejes mediante escobillas. La puesta a tierra deberá realizarse con cables de cobre de sección adecuada que conectarán la caja al bogie.

4.4.4 CAJAS DE ENGRASE (CHUMACERAS)

El diseño de las cajas de engrase (chumaceras) será acorde al tipo de suspensión y guiado de ejes que se solicita. Irán equipadas con rodamientos normalizados de aplicación ferroviaria de modo que su montaje y desmontaje sea sencillo.

El cuerpo será concebido con la robustez necesaria para el trabajo en servicio, así como para la aplicación de gatas de levante bajo ella en caso de descarrilamiento, para lo que se dejará una superficie plana en su parte inferior. Se fabricará en acero moldeado calidad AM-52 según norma UNE 36.252 o equivalente y con tratamiento térmico de normalizado.

Se efectuarán cálculos mediante elementos finitos para verificar las tensiones de trabajo correspondientes a las diferentes hipótesis de carga que se definen en el apartado de prestaciones del tren.

Los rodamientos de tipo ferroviario deberán ser lubricados mediante grasa. El CONCESIONARIO, de acuerdo con el fabricante de los rodamientos, definirá un tipo de grasa del mercado nacional para la lubricación de los mismos.

Asimismo, en el Estudio Definitivo deberá presentarse un cálculo previo de la vida prevista para los rodamientos en condiciones de mantenimiento y engrase normales, no siendo en ningún caso su duración menor de 1.500.000 km.

Los intervalos de lubricación serán lo más extensos posibles y, en ningún caso, inferiores a 300.000 km. El desmontaje de las cajas para limpieza de los rodamientos y reposición total de la grasa deberá efectuarse a intervalos que, como mínimo, alcanzarán los 700.000 km.

4.4.5 ENLACES PRIMARIOS

Reciben esta designación los elementos encargados de enlazar los ejes con el bastidor del bogie que realizan las funciones de guiado de ejes y suspensión primaria.

Guiado de Ejes

El guiado de ejes, dispositivo encargado de la transmisión de los esfuerzos de tracción, frenado y transversales, entre los ejes y el bastidor del bogie, se realizará por un sistema probado que puede estar ligado con el sistema de suspensión primaria. Este sistema no contará con la utilización de elementos sujetos a desgaste, debiéndose utilizar, en caso necesario, articulaciones provistas de *silentblocs* para evitar la transmisión de vibraciones del eje.

Cualquiera que sea el sistema propuesto, deberá permitir los desplazamientos verticales debidos a la suspensión, así como los transversales y longitudinales necesarios para hacer compatible una adecuada estabilidad de marcha a velocidades de hasta 90 km/h y una óptima inscripción en curva.

Suspensión Primaria

La carga vertical que actúa sobre el bastidor del bogie se transmite a los ejes montados a través de la suspensión primaria. Ésta se basa en amortiguadores caucho-acero o tipo "sándwich" en láminas de acero vulcanizado con goma. Deberá tener la suficiente flexibilidad para asegurar un reparto uniforme de cargas entre las ruedas de un bogie y, en consecuencia, un óptimo aprovechamiento de la adherencia existente. La suspensión tendrá la amortiguación necesaria que permita la circulación hasta la máxima velocidad sin producirse oscilaciones perjudiciales.

La vida prevista de los amortiguadores de suspensión deberá ser, como mínimo, del orden de los 9 años o los 900.000 km, lo que ocurra primero.

En el bogie se dispondrán, asimismo, los elementos necesarios para que, en caso de ocurrir un descarrilamiento, pueda levantarse éste, así como retener el eje en caso de falla de los sistemas de guiado.

Se deberá indicar la aptitud del bogie para circular por vías defectuosas, incluso con la suspensión secundaria sin aire. Deberá efectuarse, en uno de los primeros vehículos que se fabrique, una comprobación de este valor, mediante ensayos, circulando con suspensión secundaria sin aire sobre las rampas de peralte indicadas en esta especificación técnica. Deberá suministrarse la prescripción de conservación de la misma con diagrama fecha - carga, forma de prueba, suplementos, límites de aceptación, etc.

4.4.6 ENLACES ENTRE CAJA Y BOGIE

Engloba esta designación una serie de elementos o funciones que incluyen: la unión y apoyo de la caja sobre el bogie; la suspensión secundaria y transversal; el sistema de transmisión de esfuerzos longitudinales y transversales; y el travesano oscilante.

Unión y Apoyo de la Caja sobre el Bogie

Se efectuará mediante corona giratoria. Deberá prestarse especial atención al hecho de que el vehículo debe inscribirse en curvas de los radios que se señalan.

La corona deberá tener una vida mínima de 1.000.000 km., debiendo ser de un tipo probado en el campo ferroviario. Los intervalos de lubricación serán lo más extensos posible y, en ningún caso, inferiores a 600.000 km.

El bogie dispondrá de un sistema que permita el acceso a los puntos de engrase de la corona, desde uno o ambos costados, sin levantar la caja. El montaje y desmontaje de la caja sobre el bogie deberá efectuarse de forma simple. Se deberá prever un sistema que permita compensar alturas tras los retorneados de ruedas.

Se dispondrá de un sistema de topes de limitación de giro de modo que, permitiendo el libre giro del bogie para los radios mínimos que se indican en esta especificación técnica, impidan que el bogie pueda girar en un ángulo excesivo en caso de descarrilamiento.

Suspensión Secundaria

La suspensión secundaria será neumática, a través de bolsas, y su frecuencia natural será tal que consiga una óptima comodidad para los viajeros. En el Estudio Definitivo se indicará las frecuencias previstas para esta suspensión.

La altura de la suspensión será constante e independiente de la carga, de modo que la altura del piso se mantenga constante; para ello dispondrá de la correspondiente válvula de corrección automática de altura para cada muelle de aire. La suspensión vertical dispondrá de amortiguación propia de manera que no sea necesaria la utilización de amortiguadores externos. Entre las muelles deberá haber una válvula de balanceo de presión.

Las bolsas deberán ser alimentadas por un circuito neumático independiente del sistema de freno, a través de una válvula de nivelación.

Para el caso de falla de esta suspensión, se dispondrá de un sistema de suspensión de socorro tal que permita la circulación a una velocidad no inferior a 50 km/h, respetando las condiciones de seguridad de circulación.

Por otro lado, y a fin de permitir el alzado del bogie con la caja (por ejemplo, en caso de descarrilamiento), se dispondrán en la suspensión los elementos necesarios para ello. Asimismo, el bogie estará provisto de topes en el sentido de elevación para el caso de hinchamiento de uno de los resortes neumáticos por falla de la válvula de mando.

La suspensión transversal se conseguirá mediante los mismos resortes neumáticos y tendrá una frecuencia tal que se obtenga una condición de comodidad para los viajeros. En el Estudio Definitivo se indicará la frecuencia natural prevista para esta suspensión.

La suspensión dispondrá de topes para limitar los desplazamientos de la caja a los permitidos por el gálibo. Las oscilaciones en este sentido deberán ser amortiguadas.

El coeficiente de inclinación del vagón deberá ser como máximo 0,45₁, por lo que deberán tomarse las medidas de fabricación necesarias para limitar el balanceo a este valor y, en caso necesario, incorporar el correspondiente mecanismo que evite que se sobrepase. Asimismo, este dispositivo deberá diseñarse de modo que evite la transmisión de vibraciones entre bogie y caja.

Transmisión de Esfuerzos Longitudinales y Transversales

La transmisión de los esfuerzos longitudinales y transversales del bogie a la caja o, en su caso, al travesaño oscilante, deberá realizarse por un sistema de bielas o pivote elástico de modo que presente el máximo desacoplamiento mecánico con el fin de evitar la transmisión de vibraciones u oscilaciones de bogie a caja. Las articulaciones de este dispositivo serán libres de mantenimiento.

El enlace transversal entre caja y bogie deberá permitir una marcha suave, sin golpes laterales en vía en estado medio de conservación. Para limitar los desplazamientos transversales se dispondrá, además de los amortiguadores, de topes de acción progresiva.

Travesaño Oscilante

Este elemento estará constituido por una estructura enteramente soldada, la cual servirá de unión entre el vagón y el bogie a través de la suspensión secundaria y del sistema de arrastre.

En caso de utilizar el travesaño oscilante como depósito de aire comprimido para la suspensión, llevará todos los tratamientos reglamentarios como si se tratara del reglamento de recipientes de presión.

4.4.7 MECANISMO DE TRANSMISIÓN DE LA POTENCIA DE TRACCIÓN

Se engloban bajo esta designación los siguientes elementos: motor de tracción (montaje), acoplamiento y reductor.

Motor de Tracción

El bogie será bimotor, con el montaje de sus motores enteramente suspendido. El sistema de unión de los motores con el bastidor será estudiado convenientemente para evitar la transmisión de vibraciones de éste al vagón. El bogie dispondrá de los elementos necesarios de seguridad para que, en caso de rotura de los amarres, se impida que el motor caiga a la vía. El motor de tracción deberá ser de cuatro polos del tipo tres fases de inducción y jaula de ardilla.

La disposición de los motores en el bogie será tal que permita realizar fácilmente las operaciones de mantenimiento con todos los elementos del bogie montados, con acceso desde la fosa de inspección y desde arriba. El montaje y desmontaje de los motores se efectuará por abajo y preferiblemente sin necesidad de sacar el bogie del vehículo. En el Estudio Definitivo se indicará y justificará la solución que se propone a este respecto.

Las entradas de aire para la refrigeración de los motores dispondrán de filtros, y deberán ser accesibles desde el exterior del vagón o desde la fosa para permitir un fácil acceso en el proceso de limpieza. El bogie dispondrá de los elementos necesarios de seguridad para que, en caso de rotura de los amarres, se impida que el motor caiga a la vía.

El motor de tracción deberá ser de cuatro polos del tipo tres fases de inducción y jaula de ardilla.

Acoplamiento

Este elemento está situado en la cadena cinemática entre motor y reductor. Deberá ser de dimensiones tales que permitan la transmisión de la potencia de tracción y capaz de absorber los desplazamientos relativos entre sus ejes de entrada y salida, permitiendo el libre desplazamiento de los ejes del bogie para adaptarse a las irregularidades de la vía, sin limitar el recorrido máximo necesario de las suspensiones primarias.

Será un sistema con base de flecha de cardán u otro que no transmita vibraciones y de bajo mantenimiento, las articulaciones serán mediante elementos elásticos. El sistema deberá estar equilibrado dinámicamente y ser homocinético.

Se indicará en el Estudio Definitivo los períodos de lubricación y de revisión, así como las operaciones de mantenimiento que sean necesarias, como mínimo, la relubricación será cada 200.000 km. y la revisión cada 600.000 km. Se deberá homologar, para su utilización en el acoplamiento, un tipo de lubricante del mercado nacional La vida de los acoplamientos será superior a los 1.200.000 km.

Reductor

Este conjunto está dispuesto en el enlace cinemático, entre motor y eje de ruedas. Será de un tipo compatible con el montaje de motor previsto pudiendo ser enteramente suspendido o apoyado en el eje de ruedas. El reductor será robusto y de funcionamiento silencioso, para lo que se deberán tomar las precauciones necesarias en el diseño, debiendo estar previsto para una vida superior a los 2.000.000 km. Los rodamientos estarán calculados para una vida media superior a 1.200.000 km.

El proveedor indicará la relación de transmisión del reductor. Asimismo, se indicará el tipo de dentado previsto, material de los engranes, tratamiento térmico de los mismos, exigencias de calidad, controles a los que se someterán, etc.

En caso de que los engranes estén calados en su eje, deberán disponer de los correspondientes orificios para su decalado por inyección de aceite.

El cárter del reductor será robusto, para evitar deformaciones en servicio, y estanco, evitando salidas de aceite. Dispondrá de los elementos de estanqueidad necesarios para impedir la salida de aceite, los que no deberán incorporar elementos de roce como retenes, etc.

La lubricación será mediante aceite, debiendo disponer el reductor de un sistema simple y fiable para la vigilancia de su nivel. Asimismo, dispondrá de un sistema para vaciado del cárter para el cambio de aceite que permita que éste se efectúe fácilmente. Se deberá recomendar, para su utilización en el reductor, un tipo de aceite del mercado nacional.

Se indicará en el Estudio Definitivo los períodos de revisión y de cambio de aceite, así como las principales operaciones de mantenimiento que se requiera. En ningún caso los cambios de aceite se efectuarán antes de los 120.000 km. ni las revisiones antes de los 600.000 km.

Todos los reductores serán sometidos, antes de su montaje en el bogie, a una prueba de rodaje de vacío en banco para asegurarse de su correcto montaje. De cada reductor se establecerá una gama de control. Este documento deberá ser sometido a aprobación con anterioridad. Los reductores, de acuerdo con la disposición que se prevea para la cadena cinemática, podrán estar provistos de una biela de reacción que una la carcasa del reductor con el bastidor de bogie. En ese caso, este dispositivo deberá tener sus articulaciones con elementos elásticos de modo que no transmita vibraciones al resto del vehículo.

Sensores de Velocidad

Los sensores de velocidad en los motores de tracción deben ser sin contacto, sin desgaste del tipo electro - magnético. Debe haber dos sensores montados en los ejes del motor para detectar también el sentido de rotación.

4.4.8 EQUIPO DE FRENO DEL BOGIE

El equipo de freno del bogie será de disco. Los discos podrán estar montados en las ruedas o calados en el eje. Los intervalos de revisión y engrase que deberán tener los cilindros de freno no serán inferiores a los 700.000 km. El sistema de freno deberá cumplir las prestaciones que se indican en el apartado sobre características de los trenes. Con el Estudio Definitivo se presentará el correspondiente cálculo de justificación de las prestaciones del equipo de freno previsto.

Los discos de Freno

Los discos de freno podrán ser de fundición gris, debiéndose prever el montaje de anillos de fricción bipartidos a fin de minimizar las operaciones necesarias para su sustitución. Dispondrán de marcas que señalen los límites de utilización de los mismos. La vida media de los discos, en condiciones normales de funcionamiento, será como mínimo de 2.000.000 km.

Los discos serán autoventilados de forma tal que puedan soportar sin deterioro ni deformaciones el frenado del tren con sobrecarga excepcional (5/4 de CCM) y desde la máxima velocidad permitida en la línea. La capacidad de disipación del sistema de discos de freno será tal que, en caso de avería del freno eléctrico de servicio de un vagón, se pueda sustituir dicho freno sin limitaciones en el servicio.

En el Estudio Definitivo, se presentará el cálculo de justificación de la capacidad de disipación de energía del sistema de discos para el recorrido completo. La temperatura máxima que se puede alcanzar en el recorrido será del orden de los 400 °C, pudiéndose admitir picos de valor superior de corta duración.

Las Pastillas de freno

Las pastillas de freno deberán cumplir la norma UIC 541-3 OR. El sistema o mecanismo de accionamiento de las pastillas de freno deberá ser tal que permita una presión uniforme de la pastilla sobre el disco, independientemente del desgaste de la pastilla y el disco. Para dicho fin se podrá emplear sistemas con timonería y regulador en el cilindro de freno u otros debidamente comprobados en aplicaciones similares de Metro.

Los intervalos de revisión y engrase que deberán tener los cilindros de freno no serán inferiores a los 700.000 km.

4.4.9 FRENO DE ESTACIONAMIENTO

Los bogies estarán provistos de un freno de estacionamiento del tipo conocido como de muelle acumulador. Su actuación se efectúa eliminando el aire comprimido de la cámara de estacionamiento que mantiene retenido al muelle, con lo que éste se libera entrando en acción.

Este sistema estará incorporado en algunos de los cilindros de freno. Su número será tal que se cumplan las prestaciones exigidas en el apartado "características de los trenes". Con el Estudio Definitivo se presentarán los correspondientes cálculos de justificación.

Este sistema estará incorporado en algunos de los cilindros de freno. La aplicación de este tipo de freno será controlada por el conductor, para lo que se dispondrá del sistema de regulación correspondiente. El sistema dispondrá, asimismo, de un control manual para su anulación en caso de manipulación de los vehículos en depósito, mantenimiento o avería en vía. Este dispositivo deberá ser de fácil acceso desde uno de los costados del vagón, incluso en andenes de estaciones.

4.4.10 EQUIPOS AUXILIARES DEL BOGIE

En este grupo se incluye una serie de equipos que, si bien no son específicos de los bogies, se montan también en ellos. Comprende equipo neumático, equipo eléctrico, equipo antideslizamiento, equipo de engrase de pestaña, equipo velocímetro - tacógrafo, equipo de arenado, quitapiedras (opcional), guardafangos (opcional), y captador de repetición de las señales (ATP).

Equipo Neumático

Comprende la instalación neumática en el bogie, incluido el sistema de medición de peso. Las tuberías se fabricarán con tubo de cobre o de acero inoxidable, de sección suficiente para los caudales que por ellas circulan.

Los accesorios de unión de las tuberías serán de cobre, pudiendo ser con anillo tórico de junta o con anillo cortante. También se podrán presentar opciones en acero inoxidable.

Las mangueras de unión deberán tener la sección adecuada y se respetará los radios mínimos de curvado, así como una correcta disposición de los mismos, teniendo en cuenta el movimiento relativo de sus extremos. La calidad del material será resistente a los agentes externos que habitualmente se encuentran en las explotaciones ferroviarias, como pueden ser:

aceites, álcalis diluidos de limpieza y agentes atmosféricos como agua y radiación solar. La vida de las mangueras será, como mínimo, de 600.000 km.

La conexión de mangueras entre caja y bogie se efectuará mediante un sistema rápido y fiable de modo que todas las conexiones estén agrupadas en un conector múltiple de fácil desconexión.

La señal de medición de peso, necesaria para el control de la tracción y del freno en función de la carga, será la propia presión que existe en el interior de los fuelles de la suspensión neumática. Para evitar que esta señal sea distorsionada por efecto de diferencias de presión entre los fuelles, como puede suceder al estar el vehículo parado en una curva, se elaborará una presión media de los dos fuelles del bogie en una válvula ad hoc, y ésta será la señal primaria de peso.

En lo posible y siempre que no haya afectaciones funcionales, se unificará el tipo de manguera de las uniones neumáticas que pudieran existir entre la caja y el bogie.

Equipo Eléctrico

En este grupo se incluyen la disposición de retornos de corriente y el cableado.

Los bogies dispondrán, entre los componentes móviles, de los *shunts* necesarios para derivar las corrientes de la tracción y de los circuitos auxiliares de AT (alta tensión) hacia el riel.

El paso de estas corrientes entre la caja de grasa (chumacera) y el eje montado se efectuará a través de los dispositivos de escobillas para retorno de corriente. El número de estos dispositivos será definido en función de las necesidades del equipo eléctrico y su disposición en el vehículo estará de acuerdo con las especificaciones VDE 115 y DIN 57115 o similares.

Este sistema deberá ser tal que la inoperancia de una de las escobillas no produzca daños en las demás y mantenga las condiciones de seguridad.

En ningún caso podrá haber diferencia de potencial eléctrico en los rodamientos de los bogies.

El cableado de los circuitos auxiliares del bogie se hará bajo tubo metálico, disponiendo en un lugar accesible un conector general para unión rápida caja-bogie.

Se exceptúan aquellas señales que, por sus particulares características, requieran un tratamiento diferente, como, por ejemplo, la conexión directa caja-bogie.

Los conectores serán estancos y previstos para trabajar a la intemperie.

Equipo Antideslizamiento y Antipatinaje

Los generadores de frecuencia que se precisen para los equipos indicados serán los mismos que utiliza el equipo eléctrico para su control o bien otros específicos para esta función. Podrán estar incorporados en el propio motor de tracción o bien adosados a las cajas de grasa (chumaceras) mediante adaptadores adecuados.

Deberá prestarse atención a la conexión de los generadores con el eje de ruedas para evitar que se transmitan a aquéllos, esfuerzos provenientes de los ejes u oscilaciones parásitas.

El número de generadores utilizados y su ubicación deberá quedar especificado en el Estudio Definitivo.

El sistema antideslizamiento-antipatinaje instalado en los trenes deberá garantizar prestaciones elevadas, incluso en freno de emergencia, pudiendo obviarse el uso de equipos de arenado siempre y cuando el CONCESIONARIO garantice que el sistema antideslizamiento-antipatinaje propuesto cumplirá con todas las prestaciones solicitadas en los acápite precedentes. El CONCESIONARIO definirá la inclusión o no de los equipos de arenado en su Estudio Definitivo.

Equipo de Engrase de Pestaña

El primer eje del bogie bajo cabina de los vehículos extremos incorporará un dispositivo eficaz de engrase de pestaña de una firma de reconocido prestigio, la actuación del sistema será neumática.

La posición de los pulverizadores deberá ser regulable para poder ir variando la misma conforme vayan desgastándose las ruedas.

El CONCESIONARIO indicará el sistema propuesto de engrase, así como los intervalos previstos entre pulverizaciones. La capacidad del depósito de aceite del equipo será tal que permita una autonomía de recorrido entre rellenos de 24.000 kilómetros.

Generadores en Cajas de Engrase (chumaceras)

Se dispondrá en las cajas de engrase (chumaceras) los generadores necesarios para los equipos que precisen señales de velocidad o espacio recorrido. Será preferible la integración de señales para reducir el número de generadores requeridos.

Equipo de Arenado

De preferencia se deberá de contar con un sistema de antipatinaje – antibloqueo instalado en los trenes que garantice prestaciones elevadas, incluso en freno de emergencia, de manera que no sea necesario el uso de areneros.

En caso de presentar una propuesta con equipos de arenado, se cumplirá lo siguiente:

Los bogies motores dispondrán, en un eje y por la parte exterior del bogie, de un dispositivo de arenado al riel. Éste actuará combinado con la posición del inversor de marcha.

La actuación del sistema será neumática, para lo que se dispondrá del correspondiente eyector de arena, junto con una tolva o caja de almacenado. Ésta deberá disponer de una tapa que permita su fácil apertura para el llenado y que procure, una vez cerrada, una buena estanqueidad. Su capacidad será, como mínimo, de 20 litros por caja de arena.

Quita piedras

Delante de las ruedas extremas del tren se dispondrán quitapiedras cuya misión será eliminar de la vía las piedras u objetos que pudiera haber sobre ella. Serán regulables en altura para compensar el desgaste de las ruedas. Estos elementos, a su vez, deberán proteger los captadores de repetición de las señales (ATP).

Guardafangos

Cada rueda estará dotada de guardafangos adecuado para evitar la proyección de agua contra los órganos del bogie y de la caja.

Captador de Repetición de las Señales (ATP)

En los extremos de los bogies correspondientes, y fijados a ellos en soportes adecuados, se instalará el captador de repetición de las señales (ATP). Dichas antenas estarán

convenientemente protegidas para evitar que se produzcan desperfectos por impactos con piedras u otros objetos sobre la vía.

La distancia de captación con total seguridad abarcará las variaciones propias del desgaste de ruedas, suspensión, etc., por lo que no será preciso efectuar ajustes de las antenas.

El fabricante del bogie preverá soportes adecuadamente robustos para albergar a los soportes de antenas del ATP.

4.5 CAJAS

Las cajas deben ser diseñadas y fabricadas para las condiciones de servicio establecidas en la presente especificación, debiendo alcanzar un período mínimo de 35 años de vida útil, durante el cual ningún elemento de la estructura presentará deformación permanente, fisuras, ni corrosión del material. Su construcción y la selección de los materiales, acabados y recubrimientos deberán resultar en un diseño moderno, funcional, con una elevada resistencia al rayado y a la intemperie.

Los vagones con cabina deberán tener el frente reforzado, con una máscara moldeada cuya forma y diseño será concordada con el CONCEDENTE en la fase de proyecto.

La disposición de los equipos instalados en las cajas será estudiada para que las cargas sobre los bogies sean sensiblemente iguales, tomando en cuenta las diversas condiciones de carga y circulación. Se procurará que el compartimiento de pasajeros sea un espacio continuo con las menores interrupciones posibles a la circulación del usuario, máxima capacidad y ausencia de recodos y de aristas vivas.

Los materiales que conforman la caja deberán cumplir con las especificaciones de resistencia al fuego, baja emisión de humos y compuestos tóxicos, así como garantizar la integridad de la estructura bajo condiciones de fuego, según la norma NF 16-101 o equivalente.

Los componentes deberán tener el mínimo de partes móviles y de elementos sometidos a desgaste.

La igualdad de cotas principales permitirá una unificación completa de las piezas constitutivas de los equipos, de la estructura y de los revestimientos. Para los elementos auxiliares y de vestidura, tales como ventanas, asientos, ornamentos, aparatos de alumbrado, órganos del sistema de ventilación y puertas, la unificación deberá ser total y garantizar su intercambiabilidad.

Los ensambles soldados se efectuarán con arco eléctrico de atmósfera protegida, o con otro procedimiento que ocasione la menor distorsión y genere mínimos esfuerzos residuales. La calificación del procedimiento de soldadura y de los operarios será según las normas EM 2523A, NF A88-110 o equivalente.

Las partes de la estructura que requerirán una atención particular serán el ensamble de unión entre la caja y los bogies, las extremidades del bastidor que alojarán los acopladores, los claros de los costados para alojamiento de puertas y los puntos de fijación bajo bastidor de los equipos pesados o que producen vibraciones, tales como equipo de control de tracción-frenado, motocompresores, convertidor estático y bastidores del ATP.

Las cajas deberán contar con los elementos necesarios de apoyo o amarre para las maniobras de mantenimiento o encarrilamiento. Los puntos donde se ubiquen estos elementos evitan deformaciones permanentes o esfuerzos excesivos bajo cualquier condición de levantamiento.

Los estudios de las formas y disposiciones de la caja y sus componentes se desarrollarán utilizando principios ergonómicos. El compartimiento de pasajeros será confortable. Tanto en la decoración interior como en la exterior, se aplicarán diseños que proyecten una imagen de vanguardia y modernidad, utilizando materiales ignífugos de fácil limpieza y resistencia en caso de vandalismo. Además, la caja deberá contar con un sistema eficiente de ventilación y adecuada luminosidad, tanto en el compartimiento de pasajeros como en la cabina de conducción.

4.5.1 TIPOS DE CAJAS

Las cajas podrán ser de tipos distintos, en función a los tipos de vagones que se suministren (vagón con y sin cabina de conducción, vagón con y sin motores o la combinación de ellos). Estas cajas presentarán la misma concepción y no diferirán más que en las dimensiones, en la disposición de equipos bajo bastidor, en los bogies y en la ubicación de la cabina de conducción.

4.5.2 ESTRUCTURA DE LA CAJA

La estructura de la caja deberá asegurar que, en ningún momento, sufra deformación permanente bajo el efecto de cargas excepcionales simples o combinadas y que no se produzca ruptura por fatiga bajo el efecto de las cargas de servicio.

Además, la caja no deberá sufrir daños (deformaciones permanentes) ante colisiones que se produzcan en la explotación normal contra otros vehículos o topes de fin de vía, ni por el levantamiento adecuado de la misma después de un descarrilamiento. Además, la flexión tomada por la caja bajo el efecto de las cargas a las que está sometida en ningún caso deberá afectar el funcionamiento de las puertas.

El espectro de frecuencias propias de la caja deberá ser tal que no exista riesgo de resonancia con los rangos de frecuencia de las suspensiones y aparatos varios ensamblados.

Se podrán presentar propuestas de los materiales en acero inoxidable o en aleaciones ligeras de aluminio con perfiles extruídos.

En la propuesta de acero inoxidable, las estructuras primarias deberán ser de acero inoxidable. La construcción del "bolster" y de la cabecera del estrado deberá ser de acero de baja aleación y alta tensión (LAHT). Deberá ser fabricado por medio de soldadura por arco de atmósfera protegida o por punto eléctrico para constituir una estructura integrada. El techo deberá ser de panel de acero inoxidable corrugado.

La propuesta en aluminio deberá ser de perfiles extruídos (aleación tipo AlZnMg y/o AlMgSi 0,7) y planchas (aleación del tipo AlMg 2,5), resistente a la corrosión y construcción totalmente soldada.

La caja deberá ser construida con capacidad de absorber la energía de colisión por deformación en las extremidades y reforzada en las zonas más solicitadas del bastidor, tales como traviesas, con objeto de resistir los esfuerzos correspondientes a la unión caja -bogie, y en los cabeceros para resistir los esfuerzos aplicados por enganches y con elementos anticlimbers de modo que proporcione la mayor protección al personal de conducción y a los pasajeros en caso de accidente, especialmente en colisión frontal violenta.

Se deberá indicar en el Estudio Definitivo el tipo de material empleado, sus características físicas y químicas, los procesos de fabricación de la caja, el tipo de protección de los materiales contra la corrosión, especificaciones y procedimientos de pintado, y las normas empleadas.

Resistencia

Para las cargas definidas a continuación, el CONCESIONARIO deberá presentar una memoria de cálculo de resistencia de los materiales, según el método de los elementos finitos.

En el Estudio Definitivo serán entregados los cálculos detallados, los planos de las estructuras de las cajas propuestas para cada tipo de vehículo, considerando los siguientes aspectos:

- Para cada esfuerzo tomado en consideración, los desplazamientos y las tensiones calculadas, así como un análisis estático para las cargas excepcionales y un análisis de fatiga para las cargas de servicio.
- Se suministrará un análisis vibratorio del conjunto de la estructura del vehículo con indicaciones de los valores de las frecuencias propias, así como sus deformaciones dinámicas asociadas.
- Se deberá determinar, por simulación numérica, la primera frecuencia de flexión de la estructura de la caja completamente vacía.
- Será necesario garantizar que existe, al menos, 1 Hz de desacoplamiento entre este valor calculado y la frecuencia alta de excitación del bogie.

Esta información deberá ser entregada por el CONCESIONARIO antes de la aplicación del protocolo de pruebas correspondiente.

Definición de las Cargas

Las cargas que se deberá tener en cuenta como hipótesis para el cálculo serán las estipuladas en el punto de las características generales del tren.

La estructura de la caja cumplirá con todos los requisitos estructurales, de cargas de diseño y de tensiones admisibles y factores de seguridad indicados en la norma UNE –EN 12663 “Requisitos de dimensionamiento de las estructuras de los vehículos ferroviarios” que corresponden a los vehículos de la categoría P-III.

Carga vertical estática:

- Carga nominal = peso de la caja + peso de los pasajeros (60 kg/p x total de pasajeros a 6 pas/m²), distribuido sobre el piso.
- Las tensiones no deben sobrepasar 50% de la resistencia de los materiales.

Carga horizontal: Estática:

- Una compresión de 80 toneladas deberá ser aplicada en los acopladores conjuntamente con la carga vertical de carga nominal.
- Las tensiones medidas no deberán exceder la resistencia de los materiales.

Levantamiento

Las cajas dispondrán de puntos de levante tanto en los talleres como para un eventual encarrilamiento.

Para el levantamiento, la caja en vacío completa será levantada por sus dos extremos por medio de los soportes de levantamiento (2 soportes en cada extremo) previstos para este efecto. Los bogies estarán separados de la caja al efectuar esta manipulación.

Para el izado, se levantará la caja completa en vacío; descansando en el extremo del bogie opuesto. El bogie del lado izado deberá permanecer unido a la caja por el dispositivo previsto para este efecto. Tendrá dos soportes para cada extremo para este efecto.

En total, hay 8 soportes (4 para el levantamiento y 4 para el izado). La ubicación de estos soportes irán indicados según la ficha UIC 617-2.

Los diferentes órganos que aseguran las uniones entre caja y bogie deberán resistir los esfuerzos horizontales inducidos por las aceleraciones siguientes:

Arrastre transversal: $t = 3 \text{ m/s}^2$

$F_t = \text{masa caja} \times t$

Arrastre horizontal: $t = 3 \text{ m/s}^2$

$F_l = \text{masa caja} \times t$

Esfuerzo por colisión longitudinal: $L = 3 \text{ g}$

Carga Dinámica

Las cargas dinámicas están definidas en la norma UNE-EN 12663 Categoría PIII, es decir:

Carga vertical dinámica ((1±0.15)*g en carga nominal) combinado con una carga longitudinal que corresponde a una aceleración de ±0.15*g.

La estructura de la caja debe soportar la fatiga por un mínimo de 35 años.

Cálculos de la Estructura de la Caja

Deberán ser ejecutados todos los cálculos y verificaciones de la estructura de la caja, con las premisas de carga obligatorias descritas en esta especificación y en la norma UIC 566 OR.

4.5.3 ACOPLADORES (ENGANCHES)

Los acopladores (enganches), por ser un equipo de seguridad, se diseñarán para soportar esfuerzos generados bajo condiciones excepcionales tales como maniobras de socorro - descompostura, vagones inactivos a la tracción y/o frenado, entre otras, debiendo resistir esfuerzos longitudinales de compresión y tensión de 80.000 daN (800kN).

Además, contarán con los dispositivos necesarios para impedir que se produzcan desacoplamientos intempestivos de las unidades bajo cualquier condición de circulación y carga. Asimismo, deberán soportar sin deterioro alguno las condiciones que se presentan durante la operación normal de los trenes, para lo cual se garantizará una vida útil de los elementos de amortiguación superior a los 700.000 km.

Los enganches estarán equipados con un sistema de guiado y sustentación que asegure el autocentrado vertical y horizontal. La conexión neumática de la tubería de equilibrio se realizará en forma automática a través de válvulas de fácil reemplazo y con un acoplamiento eléctrico que garantice la continuidad del circuito de seguridad.

Las labores de mantenimiento para los enganches deberán ser simples y el período para mantenimiento mayor será de, cuando menos, 700.000 km.

Habrán dos tipos de acopladores: de tipo automático integral, para la parte delantera de los vehículos con cabina de conducción, y de tipo semi permanente para los vehículos intermedios.

Los cables de la conexión del sistema "Data-Bus" deberán ser de alta flexibilidad para soportar las condiciones de trabajo en la región de los enganches entre coches, en lugares que dificulten el vandalismo.

Se deberá proporcionar en el Estudio Definitivo los cálculos de justificación del cumplimiento satisfactorio de cualquier condición de circulación por el acoplador (enganche), como el paso a través de curvas de radio mínimo. También presentará el cálculo relativo al elemento amortiguador.

Acopladores Automáticos Integrales

Se instalarán acopladores automáticos integrales que permitan el socorro de un tren por otro, realizando el acoplamiento mecánico, neumático y eléctrico en las condiciones que a continuación se describe:

El acoplamiento integral se efectuará únicamente entre dos trenes del mismo tipo y proveedor. Un acoplamiento mecánico y neumático, como mínimo, se efectuará entre dos trenes de distinto tipo y proveedor.

El acoplamiento se efectuará con un tren detenido y el otro a una velocidad inferior a 5 km/h. Para desacoplar se accionará desde la cabina de conducción o manualmente por una manija en el acoplador. Las maniobras anteriores podrán realizarse en las condiciones del trazo de vías definidas en esta especificación, aun cuando los enganches tengan un desnivel de ± 150 mm.

En el acoplamiento entre dos trenes del mismo tipo, es necesario asegurar la continuidad de los circuitos de seguridad del mando de tracción-frenado y auxiliares por medio de acopladores eléctricos automáticos colocados en las cajas porta contactos, al lado de la cabeza del acoplamiento.

El acoplador deberá ser compatible con los existentes en los trenes actuales, permitiendo el acoplamiento del tren nuevo con los actualmente existentes, como mínimo mecánica y neumáticamente, en operación de "PUSH" o "PULL".

Los acopladores automáticos deberán cumplir la norma UNI 8281/86 o equivalente.

Acopladores Semi permanentes

El acoplamiento se efectuará mediante enganches que unirán mecánica, neumática y eléctricamente (circuito de seguridad) a los vagones y se efectuará en las condiciones descritas a continuación.

El acoplamiento se realizará con los vagones detenidos y admitirá un desnivel entre enganches hasta de ± 150 mm.

El acoplamiento mecánico se diseñará como una unión bridada de dos semi acoplamientos, que incluya la unión mecánica, la conexión neumática y los contactos eléctricos mediante mangas de conexión, las cuales deberán ofrecer total seguridad para el Servicio y también facilidad para su conexión y desconexión en los talleres de mantenimiento.

Los contactos eléctricos estarán conectados al vagón por hilos separados y blindados, con una fijación que evite falsos contactos en el mando del freno de seguridad.

Existirá en un lugar accesible una llave de cierre manual para aislar neumáticamente los vagones.

4.5.4 PUERTAS

Los vehículos tendrán tres tipos de puertas: las de acceso al salón de pasajeros, las del exterior hacia la cabina de conducción y la de acceso de la cabina al salón.

Las puertas de acceso al salón de pasajeros se describen en el capítulo sobre el salón de pasajeros.

Las puertas estarán constituidas en base a una estructura metálica revestida con lámina de acero inoxidable o aluminio y reforzadas interiormente por medio de espuma de poliuretano o similar, debiendo resistir una carga de 100 daN aplicada en sentido transversal al plano de la hoja, en un área de 0,02 m². Los cristales deberán cumplir con las características indicadas en la norma SNCF ST-250 o equivalente. Las juntas de jebes deberán cumplir con las normas ASTM D-2000 o equivalente.

Puertas de la Cabina

Las puertas laterales de la cabina deberán ser del tipo batiente, abriendo para dentro y provistas de ventanas con lunas corredizas. Todos los accesorios visibles en las puertas de cabina, tales como manijas, tornillos, molduras y bisagras serán de acero inoxidable, pudiéndose emplear otro material de resistencia comprobada que demuestre su vida útil con ensayos de duración en medios salinos.

Puertas de Intercomunicación entre Salón y Cabina

Los vagones con cabina dispondrán de una puerta de intercomunicación con la zona de pasajeros, cuyo movimiento no interfiera con el asiento del conductor, de acuerdo a la norma UIC 617-5. Estas puertas dispondrán de una cerradura con acción por ambos lados. El cerrojo se accionará con la llave de servicio y se deberá garantizar 50.000 movimientos sin presentar avería o desgaste en los elementos que lo constituyen. Las bisagras serán fabricadas en acero inoxidable.

Las cerraduras de las puertas de cabina deberán ser de un diseño robusto, ampliamente probado en el campo ferroviario y su apertura y cierre será por medio de una llave de servicio que manejará el conductor del tren. El aspecto de las puertas estará en armonía con la decoración interior del tren. Estas puertas contarán con un cristal para permitir la observación del salón de pasajeros de parte del conductor o viceversa.

El montaje de las puertas deberá realizarse de forma que se evite todo tipo de ruidos y vibraciones.

El diseño del vagón se deberá realizar teniendo en cuenta la eliminación al máximo de las fuentes productoras de ruido y el aislamiento o absorción del mismo, con el objeto de conseguir un nivel de ruido inferior a 74 dBA en el interior del vagón, en las condiciones descritas en el acápite 4.3.6.

Durante la fase de proyecto, el CONCESIONARIO presentará al CONCEDENTE un modelo 3D en Autocad del compartimiento de pasajeros, el cual incluirá la distribución de los pasamanos.

Paso entre coches

Se dará libertad de ofrecer un pasillo de inter circulación entre vagones, logrando que el salón de pasajeros se extienda a toda la formación. De ser así, se deberá regir por las siguientes características:

La zona libre de paso será como mínimo de 1.300 mm de ancho y 1.900 mm de alto.

El pasillo estará perfectamente iluminado y dispondrá de asideros en concordancia con el resto del tren.

Será robusto, ligero y capaz de resistir todas las sollicitaciones que puedan producirse, con el tren circulando en vía general y talleres, en las peores condiciones, reuniendo las máximas garantías de seguridad para el pasaje, en cualquier momento de la marcha. El montaje y desmontaje de los pasillos será fácil, rápido y seguro.

Formará una unión perfectamente estanca, impidiendo la entrada de polvo o agua incluso en el lavado mecánico, así como una correcta insonorización.

Los elementos del pasillo no serán accesibles a los viajeros, especialmente los móviles, para evitar accidentes o actos de vandalismo. En general será de fácil limpieza y con la superficie interna protegida antigrafiti.

4.5.5 PINTURA

Los elementos de la estructura del vagón deberán protegerse contra la corrosión por medio de pintura de características y espesor adecuados, previa preparación de las superficies por medios mecánicos o químicos para asegurar la correcta adherencia de los materiales. Todos los elementos metálicos deberán ser decapados, granallados y protegidos con pintura anticorrosiva epóxica, según prescripciones señaladas en la norma UIC 842 o equivalente.

En lo referente a la pintura exterior se proveerá la pintura solamente en las zonas y diseños que indique el CONCEDENTE en la etapa de proyecto.

4.5.6 FAROS Y SEÑALIZACIÓN EXTERIOR LUMINOSA

Sobre los costados de los vagones se ubicarán lámparas de señalización de puertas abiertas y lámparas de “SEÑAL DE ALARMA” accionada. Estas señales deberán fabricarse con tecnología de diodos emisores de luz de alta intensidad, visibles desde la cabina de conducción inclusive de día, tipo cartero doble. El cuerpo del cartero doble deberá cumplir con el grado de estanqueidad de la norma IP 65.

La indicación de “no cierre” de las puertas, o la localización del accionamiento de la “SEÑAL DE ALARMA”, será indicada tanto localmente como en la cabina de conducción.

La alimentación de los equipos de señalización será proporcionada por la baja tensión de corriente directa.

4.5.7 TOMA DE CORRIENTE CON PANTÓGRAFO

La toma de corriente, dos por cada tren unidad eléctrica, deberá ser un pantógrafo de tipo asimétrico y tamaño reducido. Su levantamiento se realizará con aire comprimido de la red general, o a través de una motocompresora auxiliar alimentada en BT (baja tensión), cuando no exista presión suficiente en la red de aire comprimido de los vagones. La alimentación se seleccionará con un sistema de electro válvulas.

El mantenimiento en la posición de trabajo se efectuará a través de resortes adecuados, el aire comprimido servirá sólo para anular la acción de los resortes, y no tendrá ningún efecto sobre la presión ejercida por el arco sobre el cable de contacto, mientras el pantógrafo esté en servicio. Por consiguiente, el arco podrá seguir los desniveles de la catenaria por efecto de los resortes.

Las características y prestaciones del pantógrafo deberán ser las siguientes:

Tensión nominal.	1.500 V
Empuje en la elevación comprendida entre 1.000 y 1.150 mm.	8 a 10 kg.

Presión mínima, en el cilindro neumático para el funcionamiento del pantógrafo.	4,5 bares
Dimensiones máximas en el sentido longitudinal con toma baja.	1.495 mm
Alcance del rastreo en captación sobre el plano de la vía férrea.	De 3.800 a 4.800 mm

El pantógrafo deberá ser sometido a pruebas de acuerdo a la norma IEC 494

Se instalará un descargador (pararrayos) para la protección contra las sobre tensiones de origen atmosférico. Dicho descargador se colocará en el circuito de AT inmediatamente debajo del pantógrafo y será del tipo óxido de zinc.

4.5.8 CABLEADO DE ALTA Y BAJA TENSIÓN

Los cables eléctricos destinados a alimentar los diferentes equipos que se utilizarán en los vagones deberán ser seleccionados para soportar la tensión y corriente de los mismos, de tal manera que aseguren continuidad y elevada fiabilidad durante el servicio.

Los cables deberán operar satisfactoriamente en grupos de conductores, en ambiente cerrado (sin ventilación) y expuestos a las radiaciones térmicas del equipo eléctrico de los vagones y de los cables adyacentes. Además, deberán estar diseñados para soportar temperaturas de sobrecarga, sobretensión y cortocircuitos que se puedan presentar durante la operación, sin degradación de sus características. Los cables deberán soportar, también sin degradación o deterioro alguno, la exposición eventual a solventes y lubricantes.

Los conductores del cableado de alta y baja tensión, así como sus aislamientos, deberán cumplir con las normas UIC 895 OR, CEI 1034, NFC 32-101, NFC 33-010, NFC 32-012, NFC 32-200, NH 32-80 e ICEAS 19-81, o equivalentes.

4.5.9 ACOPLES ELÉCTRICOS

La conexión eléctrica entre vagones y la comunicación entre los equipos instalados en los mismos se efectuará por medio de acoples eléctricos removibles que estarán formados por cables de tipo múltiple, con funda de hule resistente a solventes y lubricantes.

El número de cables será establecido por las necesidades del diseño del tren, proveyendo una reserva del 10% de hilos que quedarán disponibles para futuras aplicaciones.

Los acoples eléctricos tendrán tomas en cada uno de sus extremos, las cuales se acoplarán a las tomas instaladas en los extremos de las cajas. Cada toma tendrá una guía y un seguro que evite su desconexión.

Las tomas instaladas sobre el cuerpo de los vagones contarán con una tapa, que asegure su perfecta estanqueidad en caso de no ser usadas, y tener un seguro que impida su pérdida o extravío.

4.5.10 INSCRIPCIONES Y PLACAS

Las inscripciones exteriores serán acordadas durante la fase de proyecto. Las inscripciones mínimas son las siguientes.

Identificación Exterior

- Número de vagón en los costados del vehículo.

- Placa metálica del CONCESIONARIO que contenga el nombre y/o anagrama del operador, así como el año de construcción del vehículo y número de carro (bajo carrocería).
- Inscripción de indicaciones de accionamiento del freno de estacionamiento y de aislamiento del freno.
- Inscripción de aislamiento de la tubería de equilibrio.
- Inscripción de la señal de punto de apoyo para levante.
- Placas de identificación de los cofres laterales bajo el bastidor, señalando los principales equipos que contienen, asimismo las señales de seguridad correspondientes, tales como «peligro alta tensión».
- Placa «abrir» en el mando de las puertas de acceso.
- Inscripción encima de las puertas de acceso «antes de entrar permita salir».
- Inscripción de identificación de los acopladores de líneas del tren.

4.6 SALÓN DE PASAJEROS

Se procurará que el compartimiento de pasajeros sea un espacio continuo con las menores interrupciones posibles a la circulación del usuario, máxima capacidad y ausencia de recodos y de aristas vivas.

Dadas las características de operación, con recorridos cortos y poca permanencia del pasajero dentro del tren, se adoptará una disposición de puertas y asientos en bancas laterales que posibilite una fluida circulación, así como una rápida evacuación en caso de emergencia.

Los materiales en el salón de pasajeros deberán cumplir con las especificaciones de resistencia al fuego, baja emisión de humos y compuestos tóxicos, así como garantizar la integridad de la estructura bajo condiciones de fuego, según la norma NF 16-101 o equivalente, para salvaguardar la seguridad del personal de operación y de los pasajeros durante el desalojo de los vagones.

4.6.1 PUERTAS DE ACCESO AL SALÓN DE PASAJEROS

El vagón deberá tener cuatro puertas en cada uno de sus laterales, cada puerta estará compuesta de dos hojas, sin montante intermedio. Las puertas estarán repartidas de tal forma que el número de viajeros de entrada y salida por cada una de ellas sea similar, de acuerdo con la distribución interior. Se mantendrá la equidistancia entre ellas a lo largo de toda la composición, previendo la incorporación eventual y futura de puertas de andén.

Serán del tipo de doble movimiento deslizante encajable. El accionamiento de las hojas se podrá efectuar mediante un motor eléctrico o también neumáticamente, con el movimiento de ambas hojas conjugado de forma que realicen simultáneamente las maniobras de apertura y cierre, mediante los adecuados elementos mecánicos de transmisión del movimiento. Las puertas abiertas deberán tener un espacio útil mínimo de 1.300 mm. de ancho y 1.900 mm. de alto.

Las puertas estarán constituidas en base a una estructura metálica revestida con lámina de acero inoxidable o aluminio y reforzadas interiormente por medio de espuma de poliuretano o similar, debiendo resistir una carga de 100 daN aplicada en sentido transversal al plano de la hoja, en un área de 0,02 m². Los cristales deberán cumplir con las características indicadas en la norma SNCF ST-250 o equivalente. Las juntas de jebe deberán cumplir con las normas ASTM D-2000 o equivalente.

Todos los accesorios visibles en las puertas de cabina, tales como manijas, tornillos, molduras y bisagras serán de acero inoxidable, pudiéndose emplear otro material de resistencia comprobada que demuestre su vida útil con ensayos de duración en medios salinos.

La distribución de las puertas de los coches equilibrará el flujo de pasajeros a desalojar por cada una de ellas. La apertura y cierre de ambas hojas será simultánea. Las juntas de jebe (protección de los usuarios y estanqueidad) colocadas a un lado de las hojas deberán ser proyectadas de forma que tengan flexibilidad suficiente para no causar lesiones a los pasajeros. El sistema de fijación deberá soportar condiciones de uso rudo. El mantenimiento, el montaje y el desmontaje deberán ser sencillos.

En caso de usar motores eléctricos, estos deberán ser alimentados por el sistema rectificador / batería.

El motor deberá de tener una vida útil de por lo menos 30 años en operación comercial.

El motor deberá estar dotado de apoyos de rodamiento blindados y tener una protección de tipo IP44. Los ensayos de los motores deberán seguir las condiciones de la norma IEC 34.

El equipo de control de puertas deberá garantizar, bajo cualquier circunstancia, la seguridad de los pasajeros, para lo cual tendrá en cuenta lo siguiente:

- El sistema contará con un mecanismo alternativo que en caso de falla o disfunción del equipo de control, lleve al sistema de puertas al cierre.
- Se tomarán las previsiones necesarias para que el tren se detenga automáticamente en caso que por algún motivo se abra una puerta, después de haberse iniciado la marcha.
- Autorización o Consenso del conductor o del ATP;

La apertura de puertas deberá satisfacer las siguientes condiciones:

- El tiempo entre el comando de la apertura y el término de su ejecución deberá ser inferior a 4,5 segundos, permitiéndose el ajuste de la velocidad al final de la carrera para que evite daños al equipo;
- Cuando las puertas estén libres, se podrán mover manualmente aplicando una fuerza longitudinal inferior a 10 daN.
- En cada una de las puertas se instalará una llave de emergencia de puertas que podrá ser accionada solo en casos de emergencia tan solo cuando la velocidad del tren sea menor a 5 km/h

Además, los equipos de control deberán contar con los elementos de comunicación con el equipo de diagnóstico del tren y almacenar información sobre el sistema de puertas.

El mecanismo de suspensión y conjugación de las puertas deberá tener el mínimo de partes sujetas a desgaste. Los períodos mínimos entre mantenimientos para lubricación y limpieza serán de 120.000 km., y el período mínimo entre cada revisión general será de 600.000 km.

Los componentes del sistema de puertas deberán garantizar una vida útil superior a los 2.000.000 km.

Control de las Puertas en Operación Normal

La autorización de apertura y cierre de puertas, conforme a la operación del tren, será en la modalidad ATP o Manual. El consenso se ejecutará por el cierre de un contacto eléctrico del ATP o por actuación de un comando a cargo del operador del tren, teniendo en cuenta las condiciones de seguridad y de validación de la zona del punto normal de parada.

La apertura de las puertas de parte de los pasajeros será por mando local, utilizando botones colocados en correspondencia a las mismas puertas (en el interior y exterior del vehículo). Los mandos de anuncio de apertura y cierre de puertas se instalarán de tal manera que permitan al conductor vigilar el acceso de los usuarios. Asimismo, en cada extremo del pupitre existirán los controles de apertura y cerrado.

El cierre de las puertas de acceso deberá cumplir las siguientes condiciones:

- Cuando las puertas reciben el comando de cerrado, una alarma sonora de tipo electrónico deberá sonar por lo menos 1,5 segundos a más, ajustable, antes de activar los comandos efectivos.
- El tiempo entre el comando del cierre y el término de su ejecución deberá ser inferior a los 6 segundos, permitiéndose el ajuste de la velocidad. Antes del final de la carrera se tendrá una segunda velocidad más lenta que evite daños al usuario y al equipo.
- El esfuerzo longitudinal a aplicar sobre una hoja para impedir su cierre será de, cuando menos, 50 daN.
- El cierre de puertas deberá funcionar normalmente aun cuando se aplique desde el interior del vagón una fuerza de 30 daN en forma transversal a la hoja.
- Las puertas deberán ser provistas de dispositivos de traba mecánica que actuarán automáticamente a través de captadores de posición cerrado.
- Se asegurará la permanencia del cierre de puertas en servicio normal, para autorizar la salida y circulación del tren. Deberá existir una señal luminosa en el exterior de cada vagón, y en la cabina se dispondrá una señal luminosa y acústica que confirme el cierre de puertas.

La permanencia del cierre de puertas en servicio normal se perderá cuando se reúnan las siguientes condiciones:

- Velocidad inferior a 5 km/h.
- Autorización o consenso del conductor o del ATP.

Control de las Puertas en Emergencia

En caso de emergencia, en cada una de las puertas de acceso se instalará una manija de "APERTURA DE EMERGENCIA" que podrá ser accionada a mano, y que se restablecerá por medio de la llave de servicio del conductor.

Así mismo, en cada vagón se instalará un mínimo de 04 manijas de "SEÑAL DE ALARMA", convenientemente distribuidas, que podrán ser accionadas a mano, y que se restablecerán por medio de la llave de servicio del conductor.

Cuando las puertas están en posición abierta, el sistema de tracción no deberá permitir el movimiento del tren mediante el manipulador de tracción.

Los mandos de "SEÑAL DE ALARMA" y de "APERTURA DE EMERGENCIA" serán independientes.

En caso de avería del mecanismo de operación de una puerta se podrá asegurar su cierre por medio de la llave de servicio y continuar el servicio normal con las puertas restantes.

Se colocará lámparas en el interior de los coches para anunciar el cierre de puertas a los pasajeros sordos. Estas lámparas estarán ubicadas en la parte media superior de las puertas y encenderán en forma parpadeante cuando sea anunciado el cierre de éstas. El color y la

ubicación de éstas será acordado entre el CONCESIONARIO y el CONCEDENTE durante la fase de proyecto.

El CONCESIONARIO deberá incluir en su Estudio Definitivo la descripción, diagramas y cálculos que justifiquen el cumplimiento de esta especificación.

4.6.2 VENTANAS

Se instalarán ventanas a cada costado, a una altura tal que permitan que el pasajero, sentado o de pie, observe los rótulos y andenes de las estaciones.

Las ventanas podrán ser fijas o tipo “vasitas” en la cual el cristal superior es abatible hacia adentro mientras que el inferior es fijo.

En el caso de ser ventanas fijas, se deberá asegurar la ventilación de emergencia al salón de pasajeros en caso no funcione el sistema de aire acondicionado.

En el caso de ser ventanas tipo vasitas, estas permitirán 15.000 movimientos sin presentar averías que afecten su funcionamiento, salvo los desgastes propios del uso normal.

Las ventanas se fijarán a la estructura mediante un sistema que garantice la estanqueidad, permita su fácil desmontaje y ofrezca seguridad contra desmontajes accidentales por esfuerzos normales aplicados. Las ventanas podrán desmontarse desde el exterior sin dañar el revestimiento interior del coche. Este sistema permitirá la sustitución del acristalamiento en un tiempo corto con un periodo de inoperatividad bajo.

Los cristales de las ventanas serán de seguridad, templados e incorporarán una lámina de protección antivandalismo, sujetos por una junta de jebe que garantice su estanqueidad. Estos cristales se ajustarán a la norma NFF 31-250 o equivalente.

Los cristales deberán cumplir con las características indicadas en la norma SNCF ST-250 o equivalente, y las juntas de jebe, con la norma ASTM D-2000 o equivalente.

4.6.3 AISLAMIENTOS

Para evitar la transmisión de vibraciones, las paredes de los vagones estarán provistas de un material aislante que no se deteriore por el contacto con solventes, por envejecimiento o humedad, siendo aplicado en el interior del vagón en las zonas donde se requiera, de acuerdo con el diseño propuesto. En las zonas generadoras de calor se evitará su transferencia al interior de los vagones, utilizando un material aislante adecuado.

Los materiales empleados para efectuar los aislamientos deberán estar clasificados en la categoría de productos ignífugos correspondientes a la norma NF 16-101 o equivalente.

El diseño del vagón se deberá realizar teniendo en cuenta la eliminación al máximo de las fuentes productoras de ruido y el aislamiento o absorción del mismo, con el objeto de conseguir un nivel de ruido inferior a 74 dBA en el interior del vagón, en las condiciones descritas en el acápite 4.3.6.

4.6.4 REVESTIMIENTOS

Para el decorado interior, se deberá utilizar materiales de revestimiento que no necesiten pintura, que no presenten relieves que dificulten la limpieza y que tengan buenas características relacionadas con los siguientes aspectos:

- Resistencia mecánica;
- Resistencia al fuego;
- Baja emisión de humos y gases tóxicos;

- Resistencia a la abrasión;
- Resistencia al envejecimiento;
- Rigidez;
- Resistencia a la suciedad;
- Resistencia al *graffiti*;
- Posibilidad y facilidad de lavado.

Los materiales utilizados corresponderán a la categoría A1 con una clasificación que no rebase los índices M2-F2 en lo que se refiere a resistencia al fuego y emisión de humos de la norma NF 16-101.

Paredes y Techo

El revestimiento de las paredes y techos interiores del vagón será de resinas fenólicas reforzadas con fibra de vidrio, aluminio, HPL, o similar, preferentemente en paneles enteros, de espesor superior a 2 mm.

La fijación de los revestimientos se hará utilizando el menor número de juntas, molduras y tornillos, los que subsistan serán de acero inoxidable y los tornillos empleados serán del tipo antivandálico.

Las puertas de armarios deberán ser construidas con diseños robustos, articuladas con bisagras continuas de tipo plano y aseguradas con cerraduras rápidas accionadas con la llave de servicio y en material inoxidable.

Para el techo interior se utilizarán paneles similares a los citados para las paredes aluminio.

Pisos

La estructura del piso podrá estar formada por perfiles extrusionados de aluminio o por acero inoxidable.

El piso estará concebido para soportar una carga uniformemente distribuida de 6.5 kN/m² y una carga puntual de 2 kN sobre una superficie de 400 mm x 400 mm.

La parte inferior de la estructura del piso estará protegida térmicamente mediante una capa de material aislante debajo de la cual se instalará una lamina de acero inoxidable. Esta solución deberá proporcionar una resistencia al fuego de como mínimo 30 minutos.

El material de revestimiento del piso deberá cumplir las siguientes características:

- Bajo índice de inflamabilidad
- Resistencia contra llamas
- Baja toxicidad por emisión de humos
- Superficie antideslizamiento
- Resistencia al desgaste y abrasión
- Resistencia a sustancias químicas
- Dureza
- Buena absorción de agua
- Resistencia a manchas
- Resistencia a llama del cigarro.

4.6.5 COMPARTIMIENTO DE PASAJEROS

El compartimiento de pasajeros deberá tomar en cuenta una disposición de asientos colocados en forma lateral, pasamanos, puertas y ventanas, a fin de procurar un espacio continuo con las menores interrupciones posibles a la circulación de pasajeros, máxima capacidad, ausencia de recodos y de aristas vivas, así como un adecuado nivel de iluminación y ventilación, los cuales serán especificados posteriormente.

Se presentarán planos y perspectivas que muestren la forma y los elementos integrantes y permitan valorar las distintas soluciones.

Asientos

Los asientos se colocarán en forma lateral. La cantidad mínima de asientos por vagón con cabina será de 22 y por vagón sin cabina será de 24. El material constitutivo de los asientos será rígido, a base de resinas fenólicas o de poliéster reforzadas con fibra de vidrio y perfiles metálicos no visibles.

Se deberá considerar cuatro (4) espacios para sillas de ruedas por cada tren.

Los principios básicos que cumplirán los asientos son los siguientes:

- Globalmente, el asiento presentará unas características frente al fuego, similares a la calidad NF16-101, M2 F2 para el poliéster y M1 F1 para las resinas fenólicas.
- Las zonas de apoyo y respaldo serán removibles.
- Conformación de características anatómicas y ergonómicas para que no fatiguen las vibraciones.
- Ausencia total de ángulos vivos.
- Módulo de 4 asientos con un ancho mínimo para cada asiento individual de 450 mm. Habrá también módulos individuales y módulos de dos asientos, con una anchura mínima de 450 mm por plaza.
- Los colores de los asientos guardarán armonía con el resto de la decoración interior.
- Los asientos para personas con dificultades de movilidad (“asientos reservados”) serán de color diferente y en cantidad de 04 por vagón. Los detalles se definirán en la fase de desarrollo del proyecto, en cumplimiento de la normatividad vigente.

En caso necesario se dispondrá de algunos asientos apoyados mediante una estructura tipo cajón, en el interior de los cuales se situarán los grifos de anulación de freno, seccionadores de coches, elementos del equipo eléctrico o de aire acondicionado, etc., accesibles mediante cerradura con llave de cuadrado.

Alternativamente, se aceptarán asientos de materiales distintos, previa aprobación

Su diseño deberá ser ergonómico, modular e intercambiables entre sí, de calidad auto extingible. El asiento estará diseñado para resistir los esfuerzos transmitidos por los pasajeros sentados y de pie. El montaje y desmontaje de los asientos será sencillo, sin necesidad de retirar otros accesorios. El conjunto de asientos será de mantenimiento nulo.

Los asientos estarán colocados preferentemente en cantilever, es decir sujetos directamente a las paredes del vehículo para facilitar las labores de limpieza.

La estructura del asiento deberá ser de construcción robusta, ensamblada por soldadura. Las partes visibles estarán construidas en acero inoxidable o en aluminio. Las demás partes deberán ser protegidas con pintura anticorrosiva.

Aire Acondicionado

Se instalará un sistema de aire acondicionado en el salón de pasajeros, que será alimentado por el convertidor estático y tendrá una potencia frigorífica adecuada para mantener en el interior de los vagones el rango de temperatura indicado en la curva de regulación de temperatura interior recomendada por la norma EN 13129 o equivalente.

La instalación podrá estar formada por un grupo evaporador – ventilador y por un grupo compresor - condensador. El sistema de tubos del frigorífico que une el grupo compresor - condensador con el grupo evaporador – ventilador estará formado por tubos flexibles de rápido acoplamiento. Como alternativa, también se aceptarán soluciones con equipos compactos.

El equipo será de categoría A1 y deberá responder a las normas de fuego y humo NF 16-101 y NF 16-102 o equivalentes.

En su Estudio Definitivo, el CONCESIONARIO incluirá el estudio del sistema de aire acondicionado, mediante el cual demuestre el cumplimiento de esta especificación.

Pasamanos

En el compartimiento de pasajeros se ubicarán convenientemente apoyos o pasamanos próximos a cada puerta y a lo largo de la zona de asientos para otorgar seguridad a los usuarios. Estos pasamanos estarán formados por elementos tubulares de acero inoxidable u otro material equivalente, de una resistencia mecánica adecuada a los requerimientos de carga.

En los casos en que se requiera la unión de dos pasamanos, se emplearán elementos compactos con componentes de fijación ocultos, elaborados en acero inoxidable u otro material de resistencia comprobada, que permitan realizar su montaje y desmontaje sin necesidad de retirar columnas u otros elementos. Todos los tornillos que deban quedar expuestos serán del tipo anti vandálico y del material antes indicado.

Durante la fase de proyecto, el CONCESIONARIO presentará al CONCEDENTE un modelo 3D en Autocad del compartimiento de pasajeros, el cual incluirá la distribución de los pasamanos.

El Estudio Definitivo incluirá dos alternativas de distribución de pasamanos que permitan su evaluación, tomando en cuenta el flujo de pasajeros y la distribución del peso.

Paso entre vagones

Se dará libertad de ofrecer un pasillo de inter circulación entre vagones, logrando que el salón de pasajeros se extienda a toda la formación. De ser así, se deberá regir por las siguientes características:

La zona libre de paso será como mínimo de 1.300 mm de ancho y 1.900 mm de alto.

El pasillo estará perfectamente iluminado y dispondrá de asideros en concordancia con el resto del tren.

Será robusto, ligero y capaz de resistir todas las sollicitaciones que puedan producirse, con el tren circulando en vía general y talleres, en las peores condiciones, reuniendo las máximas garantías de seguridad para el pasaje, en cualquier momento de la marcha. El montaje y desmontaje de los pasillos será fácil, rápido y seguro.

Formará una unión perfectamente estanca, impidiendo la entrada de polvo o agua incluso en el lavado mecánico, así como una correcta insonorización.

Los elementos del pasillo no serán accesibles a los viajeros, especialmente los móviles, para evitar accidentes o actos de vandalismo. En general será de fácil limpieza y con la superficie interna protegida anti graffiti.

4.6.6 ALUMBRADO

El sistema de alumbrado de pasajeros deberá ofrecer una iluminación al usuario que brinde una sensación de comodidad y bienestar, asegurando además, en caso de emergencia, un nivel de iluminación adecuado. Las luminarias deberán ser provistas de difusores que eviten el ofuscamiento.

El alumbrado de los compartimentos de pasajeros de los trenes podrá ser normal o de emergencia.

Alumbrado normal

Este sistema ofrecerá una iluminación, de acuerdo a los niveles indicados más adelante, sin efectos de sombra. Su alimentación se podrá hacer a partir de la fuente de corriente alterna, en 220 V. o en corriente continua a través de convertidores electrónicos conectados al convertidor estático de la unidad de tracción.

Alumbrado de emergencia.

Este tipo de alumbrado funcionará permanentemente y se mantendrá encendido ante la ausencia de la alimentación de la corriente eléctrica alterna, brindando al usuario la iluminación indispensable para su seguridad y desplazamiento.

Cada lámpara del sistema de alumbrado de emergencia se alimentará a través de un convertidor electrónico, a partir de la batería, considerándose cuatro lámparas de este sistema en cada vagón, distribuidas en forma estratégica a lo largo del mismo.

El alumbrado de emergencia se mantendrá por 45 min. y desconectará automáticamente después de este tiempo.

Operación del Alumbrado

El alumbrado del salón de pasajeros estará disponible, a partir del accionamiento del botón de encendido de los trenes, en presencia de baja y alta tensión. Al iniciarse la energización de los trenes funcionará el alumbrado de emergencia, y al lograrse la operación de todos los equipos auxiliares del tren deberá operar normalmente la iluminación del salón de pasajeros, incluyendo las lámparas que pertenezcan al alumbrado de emergencia.

Nivel de Iluminación

Los niveles a considerar para los dos tipos de alumbrado a 1,2 m del suelo son los siguientes:

Alumbrado Normal (incluye las lámparas de emergencias)	200 lux mínimo
Alumbrado de Emergencia	50 lux mínimo

Las medidas de luminosidad y el factor de uniformidad de iluminación no será inferior a 0,6. (Norma UIC-555)

se harán tomando como base la norma UIC 555 o equivalente.

Las lámparas a utilizar serán fluorescentes, de 40 W, de encendido rápido y con una vida útil mínima de 7.000 horas.

Si una lámpara se quema, esto no deberá provocar el apagado de otra.

4.6.7 INSCRIPCIONES Y PLACAS INTERIORES

Las inscripciones interiores serán acordadas durante la fase de proyecto. Las inscripciones mínimas serán las siguientes

Identificación Interior

- Placas del fabricante.
- Número de serie y número del vagón.
- Placas de «señal de alarma» en acero inoxidable.
- Inscripción en los cristales de las puertas «por su seguridad no apoyarse».
- Inscripción «no fumar».
- Placa «abrir» en el mando de las puertas de acceso.
- Plano actualizado de la Línea 1, colocado encima de las puertas de acceso.

Todos los rótulos serán redactados en idioma castellano y serán previamente aprobados. Los dispositivos de encendido del tren y de encendido del alumbrado de la cabina deberán contar con una señalización foto luminiscente.

Todos los aparatos mecánicos y eléctricos, incluyendo los paneles de los equipos, serán rotulados de modo que el personal de conducción y de mantenimiento puedan identificarlos fácilmente, se incluirán el nombre del Fabricante y el número de serie del equipo.

Los rótulos sobre placas con relieve serán resistentes al rayado, de fácil limpieza y con un sistema que asegure su sujeción.

4.7 CABINAS GUÍA (DE CONDUCCIÓN)

Las cabinas guía (de conducción) serán concebidas de modo tal que el personal a cargo pueda realizar su función con eficacia y seguridad. Todos los elementos constitutivos de la cabina deberán ser estudiados con el fin de protegerlos del vandalismo.

Las cabinas de conducción serán lo suficientemente amplias para que los movimientos del personal se efectúen sin dificultad, especialmente en caso de emergencia, por lo que no podrá admitirse ningún obstáculo que dificulte dichos movimientos.

En la cabina podrá instalarse uno o dos parabrisas frontales, que aseguren al personal una excelente visibilidad de la vía y de la señalización, de acuerdo a los requerimientos establecidos en la norma UIC 617.7 o equivalente. Tendrán un espesor tal que no puedan ser perforadas por el impacto de objetos sólidos. El parabrisas será de cristal laminado de seguridad, y podrá estar entintado en su parte superior, según lo que se acuerde con el CONCEDENTE. El cristal se montará en el exterior de la cabina, por medio de juntas de jebe y seguro metálico de acero inoxidable que garanticen la fijación y estanqueidad permanente.

Los parabrisas frontales deberán resistir impactos de acuerdo a lo establecido en la norma UIC 651 o equivalente, así como los requerimientos indicados en la norma SNCF ST-250 o

equivalente. El parabrisas estará equipado con sistema de desempañamiento incorporado, basado en resistencias.

El asiento del conductor estará situado convenientemente para permitirle el acceso a todos los elementos necesarios para la conducción y control del tren, será cómodo, compacto y regulable. El asiento formará un conjunto resistente y deberá fabricarse con materiales de calidad, será autoextendible. El diseño deberá someterse a la aprobación de el CONCEDENTE.

4.7.1 BANCO DE MANIOBRAS (PUPITRE DE CONDUCCIÓN)

Cada cabina deberá contar con un banco de maniobras (pupitre de conducción) en el que se instalarán los aparatos de mando y control de los diversos equipos que forman el tren. Con objeto de no sobrecargar el pupitre, los equipos que no tengan una función activa en la conducción estarán situados en un panel superior o sobre paneles laterales con acceso directo a los componentes.

El conjunto del pupitre debe ser resistente y estético, los materiales empleados serán del tipo inastillable, fácilmente lavables, que no se decoloren con el uso y el tiempo y resistentes a la abrasión.

Los aparatos de mando de utilización frecuente estarán dispuestos de modo que puedan ser accionados cómodamente por el conductor desde su asiento, cuya distribución será similar a la de los trenes actuales. En la etapa de proyecto se definirá la distribución definitiva.

Los aparatos de control estarán situados frente al conductor de modo que queden dentro de su campo de visión y maniobra. Las señales luminosas serán a base de led (pantallas de cristal líquido) parte de un sistema, visibles aun a plena luz diurna.

La disposición y montaje de aparatos dentro del pupitre de conducción se efectuará de modo que las operaciones de mantenimiento y sustitución de éstos pueda efectuarse con facilidad. Se incluyen: manipulador de tracción - frenado, manómetros, voltímetro, llave de sentido de marcha, micrófono de voceo, micrófono de radioteléfono, etc.

Los conmutadores de conducción y de servicio del tren deben tener un mecanismo de uso semi rudo y cumplir con las maniobras indicadas en la norma NF 6.200 o equivalente. Todos los conmutadores y llaves deben cumplir con las normas de fuego y humo NF 16.101 y NF 16.102 o equivalentes.

Los siguientes componentes formarán parte de la cabina de conducción:

Interior

- Dos extintores colocados en lugar accesible, tipo ABC. La fijación de éstos será firme y de fácil desmontaje.
- Un parasol para cada parabrisas, abatible y ajustable, que garantice que el conductor no se deslumbre en vías superficiales.
- Un dispositivo de «SEÑAL DE ALARMA» fácilmente accesible.
- Dos pasamanos verticales situados cerca de las puertas laterales.
- Un marco para colocar las laminillas que contienen las matrículas de los vagones que componen el tren.
- Una escalera para bajadas de emergencia a las vías.

Exterior

- Un aparato luminoso indicador de recorrido y numerador del tren, diseñado para una lectura fácil, incluso a plena luz del día.

- Dos limpiaparabrisas de operación electroneumática, probada ampliamente en el campo ferroviario, con velocidades, dosificador de agua y un aditamento que permita su acción manual.
- Una bocina acústica, con mando electroneumático, colocada en el techo y accionable desde el banco (pupitre).
- Un espejo retrovisor para cada lado.

En la fase de proyecto se presentará al CONCEDENTE un modelo 3D en Autocad de la cabina, incluyendo la unión al primer vagón de pasajeros, con la disposición de todos los elementos para su análisis y validación.

4.7.2 PUERTAS DE ACCESO A CABINA

La cabina guía tendrá acceso por los costados mediante puertas tipo batiente con apertura hacia el interior, provistas de una cerradura para llave de servicio y manija externa e interna. La manija, accesorios y otras partes visibles se fabricarán en acero inoxidable. La puerta deberá medir, como mínimo, 0,5 x 1,9 m y tendrá un cristal en la parte superior, sujeto por medio de una junta de hule adecuada.

Tanto el mecanismo de la puerta como el de la chapa deberán garantizar un desempeño de 700.000 movimientos, sin que presenten avería alguna y con un mínimo desgaste de sus partes.

No obstante lo descrito anteriormente, en su Estudio Definitivo, el CONCESIONARIO podrá proponer otras alternativas para la disposición de puertas de acceso a la cabina para la aprobación del CONCEDENTE.

4.7.3 ILUMINACIÓN DE LA CABINA

La iluminación interior de la cabina de conducción se hará por medio de un tubo fluorescente alimentado permanentemente a partir de la fuente de corriente continua de la batería. Se colocará dos conmutadores en la cabina para poner en servicio esta iluminación.

El alumbrado de la cabina deberá asegurar una iluminación eficiente que no deslumbre al conductor, con un nivel de 50 luxes en el pupitre, que evite que, al reflejarse la luz sobre éste, se dificulte la apreciación de las señales.

4.7.4 AIRE ACONDICIONADO DE LA CABINA

Se instalará un sistema de aire acondicionado en la cabina de conducción que será alimentado por el convertidor estático y tendrá una potencia frigorífica mínima de 3.500 Frig/h.

La instalación podrá estar formada por un grupo evaporador - ventilador, en la cabina guía, y por un grupo compresor - condensador, ubicado en el chasis. El sistema de tubos del frigorífico que une el grupo compresor - condensador con el grupo evaporador - ventilador estará formado por tubos flexibles de rápido acoplamiento. El equipo será de categoría A1 y deberá responder a las normas de fuego y humo NF 16-101 y NF 16-102 o equivalentes. También se aceptarán soluciones con equipos compactos.

Como otra opción, se permitirá que la zona de conducción se climatice con el equipo de climatización del salón de pasajeros a través de un booster, para este fin se preverá la instalación de mando manual que permita impedir la impulsión de aire al puesto de conducción.

4.7.5 LUCES DE PROTECCIÓN DE LOS TRENES

En la parte delantera de las cabinas de conducción se colocarán, en el exterior bajo el parabrisas, 4 faros, los cuales indicarán el sentido de circulación del tren o su condición de estacionado. Los faros extremos emitirán una luz roja, los centrales, una luz blanca.

Los faros de luz blanca se encenderán en la cabina con marcha adelante y los faros de luz roja se encenderán en la cabina opuesta. La elección de operación de éstos será automática por el sentido de marcha elegido. En un tren estacionado, los faros extremos de ambas cabinas se mantendrán alimentados para emitir una luz roja de protección.

En los faros, se instalarán lámparas de halógeno, o de intensidad luminosa similar y de inclinación ajustable, que permitan apreciar la presencia de objetos en la vía a una distancia de 150 m en tramo recto. Estos faros serán alimentados directamente por las baterías y potencia mínima de 200 W tipo "sealed beam".

4.7.6 LUCES DE IDENTIFICACIÓN

Sobre la parte superior delantera de los vagones con cabina se instalarán dos luces de color ámbar que enmarquen el número de tren y el indicador de recorrido. Estas luces serán operadas por medio de un conmutador que estará colocado en la cabina y tendrán posiciones de emisión: fija o intermitente.

4.7.7 INDICADOR DE RECORRIDO

En la parte frontal superior de las cabinas se colocará un dispositivo luminoso que indicará el número del tren y el nombre de la terminal hacia la cual se dirige, en la cabina contraria únicamente se encenderá el número del tren.

El indicador de recorrido, así como el número del tren, tendrán como base un mecanismo de banda con iluminación fluorescente. La distancia a la cual ambos deben ser perfectamente legibles será de 150 m. Su mando deberá hacerse sin dificultad desde el techo de la cabina de guía.

4.7.8 BOCINA ACÚSTICA

En cada vagón con cabina se instalará una bocina de tipo ferroviario de operación electroneumática, cuyo sonido pueda ser escuchado en la zona superficial de la línea a una distancia mínima de 150 m. El claxon será accionado por un botón desde el banco de maniobras.

El Estudio Definitivo incluirá dos alternativas, en dibujos y diagramas, de la cabina de conducción, tanto interior como exterior. Esta propuesta deberá tomar en cuenta la mejor distribución de los elementos, así como el mejor arreglo ergonómico para el conductor.

4.8 TOMA DE CORRIENTE Y CABLEADOS

4.8.1 PANTÓGRAFO

La toma de corriente, dos por cada Tren Unidad Eléctrica, deberá ser un pantógrafo de tipo asimétrico y tamaño reducido. Su levantamiento se realizará con aire comprimido de la red general, o a través de una motocompresora auxiliar alimentada en BT (baja tensión), cuando no exista presión suficiente en la red de aire comprimido de los vagones. La alimentación se seleccionará con un sistema de electroválvulas.

El mantenimiento en la posición de trabajo se efectuará a través de resortes adecuados, el aire comprimido servirá sólo para anular la acción de los resortes, y no tendrá ningún efecto sobre la presión ejercida por el arco sobre el cable de contacto, mientras el pantógrafo esté en servicio. Por consiguiente, el arco podrá seguir los desniveles de la catenaria por efecto de los resortes.

Todas las estructuras del pantógrafo deberán estar eléctricamente bajo tensión y la corriente deberá derivarse de un borne fijado en el bastidor. Por consiguiente, los aisladores de base deberán efectuar el aislamiento del pantógrafo de las estructuras del vehículo.

Las articulaciones del pantógrafo estarán “puenteadas” en forma adecuada para evitar el paso de corriente por ellas.

El contacto con la catenaria se realizará a través de insertos de carbón grafitado.

El dispositivo de elevación deberá contar con una válvula que permita regular la velocidad de elevación y de descenso.

Las características y prestaciones del pantógrafo deberán ser las siguientes:

Tensión nominal.	1.500 V
Empuje en la elevación comprendida entre 1.000 y 1.150 mm.	8 a 10 kg.
Presión mínima, en el cilindro neumático para el funcionamiento del pantógrafo.	4,5 bares
Dimensiones máximas en el sentido longitudinal con toma baja.	1.495 mm
Alcance del rastreo en captación sobre el plano de la vía férrea.	De 3.800 a 4.800 mm

Al lado de cada pantógrafo se situara un dispositivo de seguridad contra sobretensiones, estático, carente de reglajes, de mantenimiento y cuyas características no se degraden con el tiempo no agentes exteriores.

Sobre el techo del vagón, en la región prevista para la instalación del pantógrafo, deberá ser colocado una protección que garantice la no propagación de llama, que deberá proporcionar un aislamiento eléctrico no menor de 15 kV. La superficie libre de esta protección deberá ser de tipo antideslizante.

Deberá ser prevista la conexión de los pantógrafos a dispositivos de puesta a tierra, de modo que cuando sea activado, inhiba totalmente cualquier accionamiento de levantamiento del mismo.

Deberá tener un dispositivo de seguridad para garantizar que el acceso a compartimentos con conexiones en alta tensión sean realizados a través de llaves que solamente podrán ser liberadas después de la puesta a tierra del pantógrafo y de los circuitos de potencia de los trenes.

4.8.2 CABLEADO DE ALTA Y BAJA TENSIÓN

Los cables eléctricos destinados a alimentar los diferentes equipos que se utilizarán en los vagones deberán ser seleccionados para soportar la tensión y corriente de los mismos, de tal manera que aseguren continuidad y elevada fiabilidad durante el servicio.

Los cables deberán operar satisfactoriamente en grupos de conductores, en ambiente cerrado (sin ventilación) y expuestos a las radiaciones térmicas del equipo eléctrico de los vagones y de

los cables adyacentes. Además, deberán estar diseñados para soportar temperaturas de sobrecarga, sobretensión y cortocircuitos que se puedan presentar durante la operación, sin degradación de sus características.

Los cables deberán soportar, también sin degradación o deterioro alguno, la exposición eventual a solventes y lubricantes.

Los conductores del cableado de alta y baja tensión, así como sus aislamientos, deberán cumplir con las normas UIC 895 OR, CEI 1034, NFC 32-101, NFC 33-010, NFC 32-012, NFC 32-200, NH 32-80 e ICEAS 19-81, o equivalentes.

La cubierta aislante de los conductores deberá ser libre de halógeno, tomando en cuenta todas las condiciones de operación con las mejores características mecánicas, eléctricas y químicas, asegurando así una elevada fiabilidad en el servicio.

De acuerdo con el diseño del tren, los cables que así lo requieran deberán estar blindados para evitar la interferencia electromagnética. En la cubierta del aislamiento se deberá indicar los siguientes datos: tensión nominal del cable, tipo de aislamiento, clase y sección nominal del conductor.

Los cables tendrán una marca distintiva del Fabricante y las siglas que constituyen la designación, así como el año de fabricación. La separación máxima entre el final de una inscripción y el comienzo de la siguiente será de 50 cm y se aplicará con pintura indeleble sobre la cubierta exterior.

El cableado de los diferentes circuitos se montará de tal manera que no impida o dificulte su montaje y desmontaje en los vagones, considerando los siguientes criterios:

Todos los cables unitarios, arneses y cables múltiples deberán estar rotulados o etiquetados en sus extremos, de acuerdo con los esquemas eléctricos y de cableado correspondientes, estos señalamientos deberán ser perfectamente visibles sin degradación alguna con el paso del tiempo.

El cableado bajo bastidor estará colocado en ductos, excepto las acometidas a los diferentes equipos.

Se deberá utilizar canalizaciones para proteger el cableado en las zonas que lo requieran, para evitar toda posibilidad de roce de los cables con partes metálicas.

Los cableados de los circuitos de alta y baja tensión, directa y alterna, así como los circuitos de seguridad y comunicación, serán totalmente independientes entre sí.

Las terminales que se utilicen, especialmente las aplicadas a presión, deberán garantizar la continuidad bajo las condiciones de operación, asegurando que las vibraciones no afecten su funcionamiento. Se aceptará el uso de conexiones sin tornillo, las cuales se someterán a la aprobación del CONCEDENTE.

Las tablillas de conexión deberán contar con identificaciones que permitan una rápida instalación de los cables para facilitar las intervenciones de mantenimiento.

En caso de utilizarse fundas destinadas a contener los cables, el material de éstas será resistente al calor y a las vibraciones, de conformidad con la norma NF 16-101 o equivalente.

Las uniones eléctricas entre los equipos instalados en los bastidores de la caja y en los bogies serán realizadas por medio de cables de longitud apropiada, rematados en cada extremidad por una toma de contactos múltiples, que permita su cambio rápido durante el mantenimiento.

Con el fin de permitir reparaciones eventuales y evitar esfuerzos mecánicos en las conexiones de los circuitos de baja tensión, deberá considerarse en cada conexión una longitud suplementaria de, por lo menos, 12 cm en cada extremo del cable.

Las diferentes partes metálicas de los vagones y de los diversos órganos eléctricos y electrónicos, serán conectadas a la estructura de la caja a través de trenzas flexibles de sección suficiente.

4.8.3 ACOPLES ELÉCTRICOS

La conexión eléctrica entre vagones y la comunicación entre los equipos instalados en los mismos se efectuará por medio de acoples eléctricos removibles que estarán formados por cables de tipo múltiple, con funda de hule resistente a solventes y lubricantes.

El número de cables será establecido por las necesidades del diseño del tren, proveyendo una reserva del 10% de hilos que quedarán disponibles para futuras aplicaciones.

Los acoples eléctricos tendrán tomas en cada uno de sus extremos, las cuales se acoplarán a las tomas instaladas en los extremos de las cajas. Cada toma tendrá una guía y un seguro que evite su desconexión.

Las tomas instaladas sobre el cuerpo de los vagones contarán con una tapa, que asegure su perfecta estanqueidad en caso de no ser usadas, y tener un seguro que impida su pérdida o extravío.

La longitud de los cables acopladores entre vagones deberá ser suficiente para evitar que se vean sometidos a esfuerzos mecánicos durante la operación de los trenes.

En función del diseño del tren, los acoples eléctricos deberán incorporar cables blindados para protección contra interferencias electromagnéticas.

4.8.4 ELEMENTOS DE PROTECCIÓN ELÉCTRICA

Todos los equipos eléctricos de alta y baja tensión estarán protegidos por elementos que eviten daños en caso de sobretensiones, sobrecorrientes y cortocircuitos. Los elementos de protección se ubicarán en lugares de fácil acceso y estarán debidamente identificados.

En el caso de los circuitos de alta tensión, su protección se logrará a través de elementos apropiados que cuenten con fijaciones y conexiones seguras y de fácil reemplazo.

En los circuitos de corriente alterna y directa de baja tensión se elegirá magnetotérmicos de rearme manual, su colocación será en tablillas de fácil acceso e identificadas. En la fase de proyecto se justificará la capacidad y tiempos de respuestas de los diferentes elementos de protección empleados en el tren.

Los elementos de protección serán de aplicación ferroviaria.

4.8.5 EQUIPOS Y ARREGLOS DIVERSOS

Los elementos que a continuación se mencionan estarán sobre el exterior de las cajas:

Umbrales de acero inoxidable en la parte inferior del marco de las puertas de costado y de cabina.

Un estribo y dos pasamanos que permitan el acceso a la cabina.

Placas de apoyo para gatos mecánicos durante el levantamiento de las cajas, de acuerdo al diseño de las mismas, y pernos de maniobra y ajuste a la caja bogie.

Los órganos mencionados a continuación estarán en el interior de los vagones:

- Dispositivo (manija) de “SEÑAL DE ALARMA” cerca y a un costado de cada puerta deslizante de los vagones de pasajeros.
- Bocinas del sistema de sonorización instaladas sobre los compartimentos y cuyas características se detallan en el capítulo correspondiente en esta especificación.

4.9 EQUIPO NEUMÁTICO

El sistema neumático del tren comprende los aspectos de producción, tratamiento, almacenamiento y distribución del aire comprimido, donde están incluidos motocompresor, secador de aire, depósitos, regulación, protecciones y accesorios para su interconexión.

La producción de aire comprimido deberá ser suficiente para que las funciones que desempeñan los equipos de accionamiento neumático, principalmente las de seguridad del tren, se cumplan conforme a lo establecido en esta especificación. Se dispondrá de un secador de aire entre la unidad de compresión y el tanque de almacenamiento. La presión de aire nominal será de 7 bares. Los consumos de aire comprimido son fundamentalmente para: Equipo de Freno Neumático, Suspensión Neumática, Pantógrafo, Engrase de Pestaña, Equipo de Arenado, Equipos Auxiliares

La apropiada selección de los componentes que realice el CONCESIONARIO permitirá garantizar un suministro de aire seco, limpio y frío. Éste presentará, en su Estudio Definitivo, la descripción y los diagramas del sistema neumático completo, así como los cálculos de consumo de aire y tasa de funcionamiento del compresor, considerando su aplicación a los equipos de operación neumática previstos en la presente especificación, entre los que destacan: el sistema de frenado mecánico (con accionamiento neumático), el sistema de accionamiento de puertas de acceso de pasajeros, la suspensión secundaria y el pantógrafo, así como el aire seco empleado en la regeneración del material absorbente del propio secador.

El sistema de suministro de aire deberá estar dimensionado para cumplir con las siguientes condiciones, simultáneamente a partir de la presión de salida de la unidad de compresión, sin llegar a la presión mínima de la tubería principal que lleve al tren a un frenado de emergencia:

- ◆ Variaciones rápidas de la carga de aire de vacío a cargado
- ◆ Un ciclo completo de apertura y cierre de puertas en ambos lados
- ◆ dos ciclos completos de alivio y aplicación de freno
- ◆ un ciclo completo de izamiento y descenso de pantógrafo
- ◆ fuga de aire del tren de acuerdo a la norma IEC 1133

El tiempo máximo de cargado del sistema de aire comprimido del tren de vacío hasta la presión máxima de trabajo deberá ser inferior a 8 minutos.

4.9.1 UNIDAD DE COMPRESIÓN DE AIRE

El compresor podrá ser de tipo rotativo, o de tipo reciprocante acoplado directamente a un motor asíncrono trifásico. Cada Tren unidad eléctrica (TUE) contará con dos grupos motocompresores que podrán funcionar en forma individual o simultánea (sincronizada), con el fin de abastecer a todo el tren, bajo el régimen de arranque y paro en un rango de presiones acorde con el diseño del tren.

El sistema neumático deberá incorporar en su diseño la especificación de un nivel normal de funcionamiento de los grupos motocompresores con ciclo de carga de 30 ~ 35%.

En caso de falla de uno de los compresores, el otro deberá suplir el funcionamiento del primero, o de ser el caso, compensar esta deficiencia con el aumento de su ciclo de trabajo.

Cada grupo motocompresor estará dispuesto bajo el bastidor de los vagones mediante una estructura suspendida por elementos elásticos que limite la transmisión de vibraciones al compartimiento de pasajeros y que también permita un fácil desmontaje e inspección durante las labores de mantenimiento. El nivel de ruido máximo permitido será de 75 dBA medidos a 1,5 metros. El período entre mantenimientos menores del compresor será superior a los 30.000 km. y su revisión general no se realizará antes de los 240.000 km.

Deberá ser posible la medida del número de horas trabajadas por los motocompresores individualmente.

El compresor deberá contar con las protecciones de presión y temperatura necesarias para evitar daños a los equipos y al personal de mantenimiento.

El compresor deberá ser de unidad de acoplamiento directo flexible con motor A/C 220 V – trifásico, 50Hz.

Las conexiones eléctricas, neumáticas y mecánicas serán robustas, confiables, de fácil instalación y de la calidad que exige la operación de un sistema ferroviario.

4.9.2 MOTOR ELÉCTRICO

El motor que se utilizará para accionar los compresores será asíncrono, tipo jaula de ardilla, alimentado por el convertidor estático. En el diseño, fabricación y pruebas del motor se deberán satisfacer las normas IEC 349, UIC 619 o equivalente, con aislamiento clase F y autoventilados. Deberá contar sobre la carcasa, en su parte superior, con una caja de conexión hermética que permita su empalme con los circuitos del vagón a través de una toma rápida.

El inducido deberá ser instalado sobre rodamientos que aseguren una vida útil superior a 1.400.000 km. El inducido será balanceado para permitir un funcionamiento seguro y eficiente a la velocidad correspondiente.

Se deberá considerar las medidas necesarias sobre el cuerpo del motor para efectuar las labores de inspección y mantenimiento que se requieran.

La alimentación del motor asíncrono será a través del convertidor estático que alimenta a los circuitos auxiliares del tren y adecuada a la potencia del motor, con todas las protecciones necesarias que aseguren un funcionamiento confiable. El período mínimo entre mantenimientos mayores será de 700.000 km.

4.9.3 SECADOR DE AIRE

El aire comprimido, después de la salida del compresor, pasará a través de un secador de aire adecuado al gasto, operación y condiciones ambientales, que permita garantizar una temperatura de punto de rocío menor a -20,5 °C, a una presión de 7,5 bar.

La regeneración del material absorbente se efectuará al apagarse el grupo motocompresor, mediante el aire seco contenido en el tanque auxiliar.

4.9.4 TANQUES DE AIRE COMPRIMIDO

Se proveerá de depósitos principales para almacenamiento del aire comprimido de una capacidad tal que asegure el suministro de aire a los equipos neumáticos del tren, y un dispositivo auxiliar en cada vagón de forma tal que pueda efectuarse, como mínimo, tres frenados consecutivos de emergencia a fondo con detención del tren, en caso de no funcionar el compresor, así como el accionamiento de puertas de ser con mando neumático.

Los depósitos principales estarán en comunicación por medio de una tubería de equilibrio de la cual saldrán las derivaciones para los diversos circuitos.

Los depósitos principales y auxiliares deberán cumplir, con la normativa UIC o equivalente, y se protegerán con recubrimientos de gran resistencia a la corrosión que garanticen una vida útil de 30 años. Asimismo, los depósitos contarán con las válvulas de purga y de seguridad necesarias.

4.9.5 CONTROL, MANDO Y REGULACIÓN

Los paneles de mando neumático, conformados por electroválvulas, transductores y válvulas, constituyen el control, mando y regulación de los sistemas de frenado, pantógrafos y accionamiento de puertas, de ser el caso; y deberán ser de fácil acceso para su inspección y mantenimiento.

Cada grupo motocompresor deberá tener un regulador ajustado a la presión mínima y máxima de operación. Para el arranque, actuará el mando de los grupos cuando el primer regulador detecte la presión mínima de trabajo; y para el paro, cuando el último regulador detecte la presión máxima.

Se señalará en cabina la falla de los compresores indicando el vagón en el que se presente la avería. Además, existirán conmutadores locales y de mando desde la cabina de aislamiento del compresor, que permitan controlar la alimentación del motor durante las intervenciones de mantenimiento que serán del tipo utilizado en la rama ferroviaria.

Deberán distribuirse a lo largo del tren manómetros para la vigilancia de la tubería de equilibrio y de la presión de frenado.

El circuito eléctrico de comando de la unidad compresora deberá de poseer una llave eléctrica de 3 posiciones (abierto, cerrado automático y cerrado local), localizada en un armario eléctrico y otra llave en serie con dos posiciones (abierto y cerrado) localizada en el panel del compresor. El circuito eléctrico de comando deberá indicar la señalización de falla el monitor de la cabina. Se deberá contar con una protección contra la inversión de rotación del compresor.

El circuito de comando de la unidad de unidad de compresión de aire deberá ser sometida a ensayos conforme a la norma IEC 60077.

4.9.6 INSTALACIÓN NEUMÁTICA

Las tuberías serán de cobre o acero inoxidable de espesor reforzado u otro material metálico resistente a la corrosión. La unión de los aparatos y tuberías se realizará con la ayuda de conectores de bronce u otro material metálico de instalación rápida que resista la corrosión.

Para el interior de la caja se podrá emplear tubería de poliamida flexible, conforme a la norma UNE 25.289 o equivalente.

Instalación de Tuberías

Se proyectará la instalación de forma tal que la mayoría de elementos se agrupe en paneles neumáticos, para asegurar una instalación compacta y de fácil manejo y mantenimiento.

La fijación de la tubería al bastidor se efectuará por medio de bridas. La distancia entre dos bridas consecutivas, así como la distancia entre éstas y los aparatos neumáticos deben ser determinadas para evitar:

- Vibraciones de tuberías
- Esfuerzos sobre los conectores y aparatos y sus órganos de fijación
- Golpeteo sobre elementos de las tuberías o de los aparatos

El radio de curvatura de las tuberías neumáticas será el mayor posible. El paso de las tuberías a través del piso de los vagones será realizado en forma tal que se eviten entradas de aire en la caja.

Las tuberías deben instalarse tan rectas como sea posible y con el número mínimo de uniones. Todo el sistema de tuberías debe disponerse para evitar el desplazamiento, tanto de las tuberías como de los demás elementos unidos a ellas, como consecuencia de las vibraciones, por el peso u otras causas. La disposición de las mangueras flexibles debe evitar el contacto con elementos próximos debido al movimiento relativo entre bogie y caja.

La disposición de las mangueras flexibles debe evitar el contacto con elementos próximos debido al movimiento relativo entre bogie y caja.

En la disposición de las tuberías se evitará las curvaturas que puedan acumular productos de condensación.

Las llaves de aislamiento del circuito neumático deben ser fácilmente accesibles. La manija de las mismas estará en línea con la tubería cuando las llaves estén en posición abierta.

Antes de su montaje, se procederá a una limpieza del interior de las tuberías.

4.10 EQUIPO ELÉCTRICO DE TRACCIÓN Y FRENADO

El objetivo fundamental de este equipo es cumplir con las exigencias de tracción y frenado establecidas en la presente especificación, el mayor ahorro energético posible, los coeficientes de fiabilidad y disponibilidad contenidos en esta especificación, y costos de mantenimiento reducidos.

El equipo eléctrico deberá ser único para el mando del tren unidad eléctrica. La TUE dispondrá de equipos de tracción constituido por motores asíncronos, onduladores con tecnología basada en IGBT, contactores de seccionamiento, electrónica de control con base en

microprocesadores, filtros de entrada y elementos auxiliares conectados directamente a la línea.

El sistema eléctrico deberá realizar la conexión permanente de los motores, dos o cuatro en paralelo en cada vagón motor. Por consiguiente, se deberá instalar para cada toma de corriente un interruptor extrarrápido para alimentar y proteger los circuitos de toda la unidad.

El frenado eléctrico será reostático y de recuperación, según la capacidad receptiva de la red, conmutándose automáticamente de uno a otro con la mínima influencia cinemática en cualquier momento de la fase de frenado.

El freno de servicio será eléctrico y estará concebido para obtener la máxima recuperación de energía, por lo que será enviada a la catenaria toda la energía eléctrica que ésta admita durante el frenado eléctrico. El frenado reostático podrá disipar hasta el 100% de la energía máxima procedente del frenado eléctrico, manteniéndose el frenado de fricción (con accionamiento neumático) alternativamente.

Las resistencias de frenado reostático de cada circuito de tracción disiparán solamente la energía generada en el circuito y no de otros en el mismo tren.

El equipo deberá ser comandado por señales generadas por el manipulador, determinando el modo de trabajo (tracción, neutro o frenado).

La anulación del frenado eléctrico en forma parcial o total podrá hacerla el conductor desde cualquier cabina, con posibilidad de realizarse en forma automática.

El ondulator deberá ser de tensión, conectado directamente a la línea, sin *chopper* intermedio.

La desaceleración del frenado se adecuará de manera automática al estado de carga de cada uno de los vagones.

En caso de falla del freno eléctrico, o a baja velocidad, éste será sustituido automáticamente por el freno mecánico de fricción (con accionamiento neumático), con el mismo esfuerzo total. El sistema utilizado en la sustitución del freno eléctrico por el neumático deberá asegurar que ningún vagón del tren quede sin freno bajo ninguna circunstancia. En el Estudio Definitivo se indicará el método sugerido.

Existirá también un modo de operación de «MANIOBRA» para circulación en taller, maniobras de aproximación, etc. con aceleración y velocidades limitadas a valores reducidos (10 km/h).

En lo referente a vibraciones y choques, los equipos deberán ajustarse al cumplimiento de la norma IEC 77 o equivalente. Asimismo, los materiales utilizados se ajustarán a las exigencias de resistencia al fuego y emisión de humos contenidas en la norma NF 16-102 o equivalente.

En el Estudio Definitivo se presentará la descripción, diagramas y cálculos de todos los elementos que componen el sistema de tracción y frenado.

4.10.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Todos los componentes pertenecientes a circuitos electrónicos deberán responder a las especificaciones UIC, CEI y/o normas internacionales equivalentes.

Asimismo, se deberá entregar toda la normativa relativa al control de calidad de componentes y equipos electrónicos.

Los componentes electrónicos del equipo de propulsión serán controlados por microprocesadores con las siguientes funciones de apoyo:

- Ayuda al mantenimiento del tren por conexión con el equipo de monitoreo.
- Realización de la autoprueba de mando y potencia como resultado de una demanda de prueba del sistema de mando y control del tren.
- Envío de resultados del elemento a desmontar si procede.
- Visualización en la pantalla de la cabina de conducción.
- Ayuda al mantenimiento local con una computadora portátil conectada al mando del equipo de tracción que permita: enviar y visualizar los resultados de la autoprueba y configurar, visualizar y obtener diversos niveles de detalle de la información gráfica en la pantalla.

Se efectuará una construcción modular con unidades funcionales separadas, cableados y conexiones entre ellas por tomas independientes, procurando unificar los elementos funcionales.

Condiciones Generales de Funcionamiento

Los equipos serán concebidos para dar servicio bajo las condiciones extremas de operación en las que circularán los trenes, así como para cumplir satisfactoriamente las características de operación que se señalan en la presente especificación para la tracción y el frenado.

Con el propósito de obtener las máximas ventajas de recuperación de energía, el sistema deberá contar con un equipo de control que vigile en todo momento la receptividad de la línea durante el frenado.

Para demandas de desaceleraciones mayores de las que pueda proporcionar el frenado eléctrico, el esfuerzo del frenado neumático complementario incluirá el frenado de los vagones remolque.

La estructura de las cajas del interruptor de línea, del inversor, del reactor de filtro y de las resistencias empleadas deberá estar al mismo potencial del bastidor del vagón. El equipo deberá ser montado en el bastidor del vagón sin que exceda el gálibo.

Influencia sobre las Instalaciones Eléctricas Exteriores

Las frecuencias de trabajo del sistema del equipo de tracción no deberán afectar a otros equipos del tren ni a las instalaciones fijas, ni serán afectadas por las influencias electromagnéticas del mismo, propias del servicio, ni por las externas a la línea del Metro. Para ello se calculará y suministrará el equipo y el filtro adecuado para evitar perturbaciones.

El filtro estará constituido por un circuito LC y protegerá al circuito de potencia contra variaciones bruscas de la corriente y de la tensión. El condensador del filtro estará formado por un arreglo conveniente de condensadores en envases herméticos montados de tal manera que permitan evitar los esfuerzos generados por los estados de temperatura a que estén sometidos.

El tiempo de descarga del condensador del filtro de 1.500 a 50 V será inferior a 60 segundos después de apagar el tren.

Sistema de Enfriamiento

Todos los componentes del equipo de tracción serán enfriados adecuadamente, no se admite la utilización de semiconductores inmersos en fluidos para su enfriamiento.

En el Estudio Definitivo se presentarán las características de enfriamiento de los semiconductores, con indicación de las temperaturas máximas previstas, márgenes de funcionamiento y coeficiente de seguridad.

En el caso de requerir ventilación forzada, ésta deberá estar basada en ventiladores alimentados con corriente alterna; se incluirá en el Estudio Definitivo las necesidades de mantenimiento, características de funcionamiento, protecciones y repuestos.

Resistencias de Freno

Las resistencias de freno deberán estar diseñadas para un régimen de servicio ferroviario y su capacidad absorberá como mínimo el 30% del esfuerzo máximo eléctrico regenerativo cuando, por cualquier causa, no hubiera frenado eléctrico de este tipo.

El Estudio Definitivo deberá incluir las siguientes características de las resistencias:

- Potencia.
- Régimen de recuperación supuesto para el cálculo.
- Sistema de enfriamiento considerando que su ubicación será bajo bastidor en los vagones motor.
- Medidas de protección previstas para que el calor disipado no afecte al recinto de pasajeros, a los usuarios en andenes ni al personal de mantenimiento, previendo también el aislamiento y señalización adecuados.
- Material de fabricación.

El sistema de instalación será dispuesto en bloques fácilmente desmontables.

Las resistencias de potencia utilizadas en el equipamiento de frenado eléctrico deberán ser sometidas a ensayos de tipo y rutina normalizados de acuerdo a lo indicado en la norma IEC 322.

Disyuntor extrarrápido

El equipo de tracción deberá contemplar la inclusión de un disyuntor extrarrápido cuya capacidad será adecuada para la alimentación y protección del circuito y de los semiconductores de potencia. Se indicará en el Estudio Definitivo las características del poder de corte (sobretensión y sobrecorriente), tiempos de apertura y corte. El CONCESIONARIO incluirá en su propuesta las referencias de su uso en otros vehículos, así como un certificado vigente del ensayo de ruptura.

El disyuntor contará con un indicador de estado energizado/desenergizado (uno o cero) para facilitar la intervención y preservar la integridad del personal. Los disyuntores empleados serán de mando electromagnético y de un modelo totalmente probado.

Las conexiones de alta tensión, los contactos auxiliares de estos dispositivos y los reveladores que se requieran deberán estar protegidos contra agentes exteriores, mediante tapas herméticas de material plástico transparente ignífugo.

No se requerirá el desmontaje del disyuntor ni de sus componentes para intervenciones menores en los contactos principales y auxiliares. Éstos deberán ser totalmente accesibles para su revisión y limpieza sistemática, sin que sean afectados los equipos adyacentes.

Las cámaras de extinción de arco deberán ser fácilmente desmontables para la revisión de los contactos principales. No se admitirá la utilización de amianto (asbesto). Todos los dispositivos mecánicos de corte, de conmutación y de aislamiento estarán colocados en una misma caja.

Los mandos de los aparatos electromecánicos se harán mediante la alimentación de la tensión de batería y deberán trabajar adecuadamente entre los rangos de tensión establecidos. La velocidad de apertura y la capacidad de los contactos deberá aislar cualquier falla ocurrida después de su punto de conexión sin dañar ninguno de los aparatos de tracción.

La velocidad de apertura y la capacidad de los contactos deberá aislar cualquier falla ocurrida después de su punto de conexión sin dañar ninguno de los aparatos de tracción.

Los contactos y circuitos auxiliares de baja tensión deberán estar debidamente aislados de la alta tensión.

El equipamiento de control de tracción y frenado deberá ejecutar automáticamente las reconexiones del disyuntor. El número de reconexiones deberá ser definido en el Estudio Definitivo, de conformidad también con el sistema de autodiagnóstico.

Componentes del Equipo Eléctrico de Potencia

Los componentes eléctricos se ajustarán a las especificaciones de la norma UIC 616-0 o equivalente.

La vida media de los contactos eléctricos de ruptura será superior a los 150.000 km.

Los aparatos eléctricos se ventilarán adecuadamente. No obstante, se evitará la entrada de agentes exteriores tales como agua y polvo.

En el Estudio Definitivo se indicará las características de todos los semiconductores de potencia. En cada caso se indicará, al menos, los datos siguientes:

- Función, tipo y fabricante del semiconductor.
- Características de tensión y de corriente.
- Tiempo de apagado.
- Características de sobrecarga intensidad - tiempo.
- Rango de frecuencias de trabajo previsto.
- Características de enfriamiento de los semiconductores, con indicación de las temperaturas máximas previstas, de los márgenes de funcionamiento y del coeficiente de seguridad.

Se valorará la utilización del mínimo número de semiconductores en el diseño del ondulator.

Protecciones y Seguridades

El sistema contará con dispositivos de medición y protección para asegurar el buen funcionamiento del equipo y facilitar su mantenimiento. Los detectores respectivos deberán ser de aislamiento galvánico entre los circuitos de alta y baja tensión.

Cualquier falla será eliminada o aislada por acción directa de los circuitos de control o de los disyuntores extrarrápidos.

Las averías del equipo de tracción se registrarán y almacenarán en forma no volátil y se transmitirán al sistema de mando y control, estas informaciones servirán a la operación y ayudarán al mantenimiento.

La protección por circuitos electrónicos vigilará la adecuada interpretación de los mandos, así como la respuesta de los equipos a los mismos. Esta vigilancia se realizará sobre los principales parámetros, los que pueden ser: tensión de línea, corriente de línea, corriente de cada fase, corriente de motores, tensión de motores y patinaje o deslizamiento de las ruedas. En el Estudio Definitivo se indicarán los valores límites para la actuación de las protecciones.

Además, se incluirá protección con base en cartuchos recargables con fusibles para los circuitos de alta tensión incluidos en el equipo de tracción, los cuales deberán seleccionarse para cumplir con los siguientes requerimientos: que sean de fusión silenciosa, sin huella exterior, recuperables y con una velocidad de fusión adecuada al diseño propuesto y a las condiciones de servicio.

Para baja tensión, todas las protecciones estarán constituidas por interruptores magnetotérmicos con accionamiento automático y se instalarán en lugares fácilmente accesibles al personal de conducción durante la operación normal, para su rearme si fuera preciso.

En el Estudio Definitivo se incluirá una relación completa de todas las protecciones empleadas.

Se empleará un mecanismo de apertura y cierre que imposibilite el acceso a zonas donde exista alta tensión sin que previamente se encuentre el conmutador de apagado local activado.

Tendrán un sistema de protección que permita al personal de mantenimiento conectar a tierra los circuitos de alta tensión, mediante una secuencia de llaves o con un sistema de mayor avance tecnológico. En general, todos los cajones conteniendo alta tensión estarán protegidos de esta forma.

Sistema Antipatinaje – Antideslizamiento

La función de antipatinaje y antideslizamiento estarán integradas en el equipo de tracción, excepto en los coches remolque, en los que la función de antideslizamiento estará integrada al sistema de frenado neumático.

Cuando se presenten fenómenos de patinaje o de deslizamiento de las ruedas, el sistema debe permitir la captación precisa del movimiento de las ruedas e iniciar inmediatamente las medidas correctivas oportunas, de forma que se obtenga un aprovechamiento óptimo de la potencia de tracción y del frenado dentro de los límites de la adherencia de los materiales en contacto.

El sistema estará formado básicamente por una central por vehículo, los órganos de mando de frenado y los sensores de velocidad ubicados en los ejes del bogie.

El sistema debe detectar con seguridad, precisión y rapidez, tanto los fenómenos espontáneos de rápido desarrollo, que exigen una reducción inmediata de la potencia actuante, como los procesos de pérdida de adherencia de desarrollo lento, con objeto de poder circular de forma óptima en la zona de pseudo deslizamiento.

Considerando que la función de estos equipos es importante para evitar daños a los órganos del tren y situaciones peligrosas, deberán ser concebidos en seguridad, contando con las verificaciones de las diferentes entradas y salidas y con las interfases necesarias para un adecuado funcionamiento de los órganos y señales requeridas localmente y en cabina de conducción, a través del sistema de monitoreo.

Los generadores de frecuencia que se precisen para los equipos indicados serán los mismos que utiliza el equipo eléctrico para su control o bien otros específicos para esta función. Podrán

estar incorporados en el propio motor de tracción o bien adosados a las cajas de grasa (chumaceras) mediante adaptadores adecuados.

Deberá prestarse atención a la conexión de los generadores con el eje de ruedas para evitar que se transmitan a aquéllos, esfuerzos provenientes de los ejes u oscilaciones parásitas. El número de generadores utilizados y su ubicación deberá quedar especificado en el Estudio Definitivo.

El sistema antideslizamiento-antipatinaje instalado en los trenes deberá garantizar prestaciones elevadas, incluso en freno de emergencia, pudiendo obviarse el uso de equipos de arenado siempre y cuando se garantice que el sistema antideslizamiento-antipatinaje propuesto cumplirá con todas las prestaciones solicitadas en los acápites precedentes.

Se deberá indicar en el Estudio Definitivo el tiempo de detección e inicio de las medidas correctivas, así como una descripción completa de los equipos propuestos en la cual se deberá incluir la siguiente información:

- Exigencias y características técnicas.
- Descripción funcional.
- Criterios de detección antipatinaje y antideslizamiento.
- Toda la documentación que permita un conocimiento completo del equipo ofrecido y referencias del mismo sobre su empleo en otras administraciones ferroviarias, debidamente documentadas.

Sistema de Control y Señalización

Los equipos electrónicos de control del sistema de tracción serán basados en un microprocesador con autodiagnóstico y estarán concebidos para realizar, al menos, las siguientes funciones:

- Tratamiento de informaciones tanto internas como externas.
- Registro de información, memorización de datos, indicando condiciones en las que se presentaron las anomalías, hora y fecha. En el Estudio Definitivo se deberá indicar la capacidad de la memoria.
- Capacidad de realización de pruebas en baja tensión para la verificación del estado tanto de los circuitos de control como de los de potencia, manual o automática. En todos los casos se registrará en la memoria y se podrá visualizar en tiempo real el proceso de funcionamiento.
- La capacidad de transferencia de datos será en forma local y a lo largo del tren, la comunicación deberá ser amigable por medio de menús y la información será de fácil interpretación, rápido procesamiento y en idioma castellano.
- Visualización de información almacenada, mediante un puerto adecuado para el equipo portátil, sin afectar su registro en memoria.
- Señalizaciones locales para indicaciones de avería del mismo equipo.

Aparatos de Mando y Control

Como se ha indicado, el equipo de tracción será comandado por el manipulador. En el Estudio Definitivo se incluirá todos los equipos que se requieran para la conducción manual del tren.

El manipulador de la cabina será de tipo deslizante. La posición neutra estará en la parte media de su desplazamiento. El manipulador tendrá como mínimo las siguientes posiciones identificables:

Frenado de emergencia (FE)

Frenado (F1 a F6)

Neutro (N)

Tracción (T1 a T4)

El manipulador deberá ser capaz de soportar 2.500.000 movimientos sin desgaste notable en sus partes, incluirá los equipos auxiliares necesarios para la transmisión de la información y para la vigilancia de diferentes seguridades eléctricas.

Deberá existir un dispositivo de seguridad denominado "hombre muerto", el cual será alimentado a la misma tensión de la batería. Su activación se producirá cuando el conductor deje de presionar un pedal o el manipulador de Tracción-Frenado.

El dispositivo recibirá una señal de longitud recorrida, mediante los generadores de frecuencia colocados en las cajas de rodamiento de los bogies.

La intervención del dispositivo será "por longitud". Después de recorrer los primeros 40 m. sin presionar el pedal o manipulador de tracción-frenado emite una señal acústica continua, si el pedal o manipulador no es oprimido dentro de los 40 m. siguientes, los contactos del dispositivo intervienen con el frenado de emergencia.

Las órdenes de conducción constituirán el mando de tracción y frenado del tren, mediante circuitos montados en seguridad de tal forma que, si ocurre una avería en cualquiera de sus componentes en un paso de tracción, resultará una disminución del esfuerzo de tracción o, si ocurre en frenado, aumentará el esfuerzo de frenado.

El mando estará duplicado y constituido por dos generadores idénticos, uno de ellos será prioritario. En caso de defecto del generador prioritario, un dispositivo automático conmutará al otro generador. Esta conmutación se señalará en la cabina de conducción. Cualquiera de los dos mandos deberá asegurar la conducción normal del tren.

La señal de marcha se situará dentro de un rango que permita fijar con seguridad esta posición. Cada uno de los vagones motores deberá recibir e interpretar la señal de mando, sin que haya diferencia de la señal de origen y de destino.

El frenado de emergencia se realizará por una línea de tren independiente del mando. La ausencia de señal en ella debe provocar la aplicación del mismo.

El dispositivo del mando de tracción y frenado estará protegido contra todas las perturbaciones. El mando no introducirá perturbaciones en las instalaciones de señalización ni en los equipos de tracción ni en los circuitos de baja tensión del tren. Los circuitos serán alimentados por la tensión de batería.

Las líneas del tren que llevan las señales de mando o de control se aislarán galvánicamente de sus circuitos de emisión y de recepción.

Construcción y Montaje

Los semiconductores de potencia, circuitos de control y auxiliares se montarán en un solo cofre, agrupados por funciones y ensamblados en forma modular, con conexiones entre ellos por tomas independientes que permitan su intercambiabilidad. Este cofre deberá suspenderse del bastidor mediante soportes apropiados y seguros, que no afecten el funcionamiento de los semiconductores y permitan el acceso por los costados o por la parte inferior del vagón cuando esté en el interior de una fosa de mantenimiento.

Las cubiertas no serán afectadas por el transcurso del tiempo ni por las condiciones ambientales. Se empleará un mecanismo de apertura y cierre de los cofres laterales, mediante un sistema de llaves o similar, y en todos los casos se garantizará su estanqueidad al agua y al polvo. Se establecerá su apertura en dos pasos, el primero de seguridad con una apertura no mayor a 15° y el segundo mayor a 90°.

La estructura del cofre será lo suficientemente robusta para soportar sin problemas las condiciones de trabajo del material rodante. Los disipadores utilizados estarán térmicamente aislados del cofre.

La conexión de los cables de potencia que unen a los semiconductores con otros elementos del circuito se deberá realizar en el interior del cofre. Los cables de control que llegan a éste se deberán conectar mediante tomas múltiples roscadas.

Los capacitores del filtro serán montados de tal forma que se permita las dilataciones y contracciones de sus envases sin ningún problema. La inductancia del filtro podrá ser montada directamente al bastidor y, en todo caso, no deberá transmitir vibraciones a éste. Su aislamiento será clase F y estará protegida contra cuerpos extraños y sus bornes de conexión estarán situados en una caja unida a su estructura. Estará adecuadamente ventilada para su correcta operación.

Los contactos auxiliares y los reveladores estarán protegidos contra el agua y el polvo.

4.10.2 MOTORES DE TRACCIÓN

Características Generales

El motor de tracción será asíncrono, de rotor tipo jaula de ardilla, con alimentación de corriente alterna trifásica suministrada por el inversor. Sus prestaciones serán las adecuadas para conseguir que los trenes circulen en las condiciones previstas en esta especificación y de forma tal que la recuperación de energía sea óptima. Los motores serán autoventilados.

Cada motor estará fijo al bastidor del bogie; los rodamientos no serán afectados por la transmisión de los esfuerzos. Los motores estarán provistos de una caja con bornes que permita las conexiones con el equipo de control del circuito de potencia. El inducido será balanceado en forma dinámica para permitir un funcionamiento seguro y permanente, reduciendo al máximo los ruidos debidos a la ventilación y a los rodamientos. El sistema de ventilación estará diseñado de tal forma que se evite la llegada de agua al interior de los motores.

Los rodamientos serán seleccionados por sus características técnicas para garantizar una operación libre de averías superior a 1.400.000 km. En la fase de proyecto se indicará la marca, el tipo y el cálculo de vida media de los rodamientos seleccionados.

El montaje y desmontaje de los motores de tracción será sencillo, considerando que estas operaciones se realizarán en fosa por la parte inferior del vagón. Asimismo, se deberá dotar a éstos de un sistema de sujeción para el traslado por medio de un polipasto.

En la fase de proyecto, los motores de tracción serán sometidos a los ensayos previstos en la norma IEC- 349.

Se deberá incluir en el Estudio Definitivo la información indicada en los siguientes puntos:

- Curvas características del motor en las que se indique en función de la velocidad (v), la velocidad de giro, potencia y rendimiento para las condiciones de régimen continuo, horario

y potencia equivalente al del cálculo del diagrama de marcha. Se indicará asimismo la corriente máxima admisible durante 01, 15 y 30 minutos.

- Características de marcha y calentamiento para los recorridos.
- Potencia continua.
- Velocidades nominal y máxima.
- Factor de potencia.
- Rendimiento.
- Tipo de características de los devanados y aislamiento, los cuales serán de clase H.
- Peso del motor completo.
- Tipo de ventilación.

4.11 CONVERTIDORES ESTÁTICOS

La energía eléctrica para los diversos sistemas y circuitos auxiliares del tren será suministrada por convertidores estáticos de acuerdo a la formación propuesta. Estos equipos tendrán un funcionamiento independiente, para que, en caso de avería de uno de ellos, el otro continúe operando normalmente. La conmutación de uno a otro será automática.

De esta manera, cada convertidor deberá ser capaz de abastecer todas las exigencias de energía eléctrica de baja tensión que requieren los diversos equipos montados en un tren. Esta energía deberá ser suministrada con coeficientes elevados de eficiencia, fiabilidad y disponibilidad y con costos de mantenimiento reducidos.

Algunos de los sistemas del tren que podrán ser alimentados por el convertidor estático son: iluminación, ventilación, aire acondicionado de la cabina de conducción y de los salones de pasajeros, circuitos de control, carga de la batería, circuitos auxiliares y de señalización, circuitos del ATP, registrador electrónico de eventos y motor del compresor, entre otros.

En lo referente a vibraciones y choques, los convertidores deberán apegarse al cumplimiento de la norma IEC 77 o equivalentes.

4.11.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Condiciones de Funcionamiento

El convertidor estático suministrará las siguientes tensiones de salida:

- Media tensión de 380 o 400 Vca trifásica a 50 Hz y
- Baja tensión de 72 o 110 Vcc.

La tensión de alimentación con la que deberá funcionar el convertidor estático es la proporcionada por la línea aérea, debiendo operar satisfactoriamente en el rango especificado.

El encendido y paro del convertidor estático se producirá en el momento en que la alta tensión aparezca y desaparezca, respectivamente. Los efectos provocados por cualquier interrupción de la alta tensión no tendrán consecuencia alguna en el funcionamiento del convertidor. Igualmente, ninguna perturbación deberá producirse cuando el tren pase por algún cambio de vía o atraviese una sección de la línea aérea desprovista de alimentación de alta tensión.

Los convertidores podrán funcionar sea en vacío o con carga máxima; de igual forma, las cargas podrán ser conectadas o desconectadas, sucesivamente, sin importar cuál sea el orden e, incluso, simultáneamente.

Los convertidores estáticos deberán soportar durante su funcionamiento las anomalías que se presentan por lo común en este tipo de operaciones, como:

- Sobrecargas instantáneas.
- Caídas repentinas de tensión.
- Sobretensiones.
- Anomalías causadas por las subestaciones.

El Estudio Definitivo deberá detallar las características del equipo frente a este tipo de anomalías.

Si durante el funcionamiento normal se interrumpe la conexión de la batería, por ejemplo por la fusión del fusible, el cargador de batería del convertidor continuará funcionando como fuente de alimentación.

La salida alterna trifásica deberá estar aislada de manera galvánica de la alta tensión.

Características de Alimentación

La tensión disponible en los bornes de la batería se utilizará como fuente auxiliar de energía para el control y regulación del convertidor. Asimismo, el convertidor podrá ser puesto en marcha desde la alta tensión cuando la batería se encuentre totalmente descargada, sin que esto influya en sus protecciones ni en su desempeño normal.

Respecto al circuito de entrada, se utilizará fusible y filtro de entrada. Además, deberá contar con protección para el caso de inversión de la polaridad de alimentación de alta tensión.

Las características de las alimentación es de entrada se especifican a continuación:

Tensión nominal de alta tensión:	1.500 Vcc
Rango de variación de la alimentación para mantener la salida nominal:	1.100 a 1.800 Vcc
Voltaje nominal de la batería:	72 o 110 Vcc
Rango de variación del voltaje de batería:	Según norma EN 50155 (IEC 571)

Filtros de Entrada

El filtro estará constituido por un circuito LC que deberá diseñarse para soportar sobretensiones de la línea de hasta 5 kV en un minuto.

Los condensadores del filtro de entrada serán montados para permitir las dilataciones de sus envases sin ningún problema.

Se garantizará un valor superior de capacitancia del 95% del valor inicial después de cinco años de servicio. El tiempo de descarga del condensador del filtro de entrada desde una tensión de 1.500 Vcc a una tensión residual inferior a 50 Vcc deberá ser de un tiempo inferior a 60 segundos.

Características de Salida

Las características de salida del convertidor estático con tensión de alimentación comprendida entre 1.100 y 1.800 Vcc, con funcionamiento en vacío, con carga nominal y sobrecarga (todos los equipos alimentados simultáneamente) serán las siguientes:

a) Salida para corriente alterna trifásica – Media tensión	
Tensión de salida:	380 o 400 Vca
Regulación:	+/- 5%
Forma de onda:	Senoidal
Frecuencia:	50 Hz +/- 1
Distorsión armónica:	Inferior al 7%
Potencia de salida en régimen continuo:	A definir en la fase de proyecto
Factor de potencia:	> 0,85
Capacidad de sobrecarga:	50%

b) Salida para corriente continua – Baja tensión	
Tensión nominal:	72 o 110 Vcc
Ondulación:	1 V pico a pico
Potencia en régimen continuo	A definir en la fase de proyecto
Regulación:	+/- 2%
Rango para el ajuste de la tensión nominal de batería:	A definir en la fase de proyecto
Rendimiento energético para tensión nominal y carga máxima:	85% como mínimo
Capacidad de sobrecarga:	30%

El Estudio Definitivo incluirá el cálculo de justificación de la potencia total, tomando en cuenta para esto todas las cargas de los equipos que serán alimentados y, además, deberá señalar el rendimiento energético del convertidor estático con carga máxima y para la tensión de alimentación nominal, incluyendo las descripciones y diagramas necesarios.

Durante la fase de proyecto se definirán los consumos de todos los equipos que el convertidor alimentará. La potencia será superior a la máxima teórica necesaria, suponiendo que todos los circuitos que alimenta funcionan simultáneamente, incluyendo el caso anteriormente señalado.

Sistema de Enfriamiento

Los semiconductores de potencia serán adecuadamente enfriados mediante un sistema confiable y de fácil mantenimiento, tomando en cuenta en su diseño la utilización de materiales no contaminantes. Los semiconductores no podrán estar inmersos en el fluido refrigerante.

En el Estudio Definitivo se describirá las características del tipo de enfriamiento ofrecido, con indicación precisa de las temperaturas máximas previstas, márgenes de funcionamiento y coeficiente de seguridad.

El sistema incluirá un dispositivo de control de temperatura para actuar de inmediato en caso de alcanzarse niveles altos. La acción de este control se hará efectiva mediante el corte de la alimentación del convertidor.

Influencia sobre los Sistemas del Tren y sobre las Instalaciones Fijas

La frecuencia de operación del convertidor y sus armónicas no deberán perturbar el funcionamiento de los equipos del tren; por ejemplo, la señalización, el radioteléfono y la transmisión remota de datos, entre otros.

Los equipos de las instalaciones fijas, tales como armarios de señalización, Telecomunicaciones, no deberán ser perturbados. Tampoco deberá ser alterado el funcionamiento del convertidor estático por la acción de los campos electromagnéticos existentes en los vagones o en las instalaciones fijas.

Características de los Materiales

Durante la fase de proyecto, se exigirá la realización de las pruebas correspondientes, a una muestra o al total de los materiales y componentes utilizados, las que serán bajo responsabilidad y a cargo del CONCESIONARIO.

Todos los componentes y tarjetas del convertidor serán totalmente intercambiables, sin que sea necesario efectuar operación alguna de ajuste ni adaptación.

Todos los componentes que deban ser desmontados por avería, o revisados por mantenimiento, estarán dispuestos de modo que sean perfectamente accesibles, sin necesidad de realizar desmontajes previos, adoptándose un sistema modular.

Protecciones y Seguridades

El sistema contará con los órganos de medida y de protección suficientes para asegurar el buen funcionamiento del equipo y facilitar su mantenimiento.

Las protecciones estarán constituidas por detectores electrónicos con aislamiento galvánico entre los circuitos de alta y baja tensión. Además, se incluirá protección basada en fusibles para el circuito de entrada. Estos fusibles proporcionarán una protección adicional, debiendo ser de fusión silenciosa sin huella exterior y de adecuada velocidad de fusión.

El convertidor estático deberá estar equipado, como mínimo, con los siguientes sistemas de seguridad y protección:

- Aislamiento galvánico de las líneas de salida respecto a los circuitos de alta tensión del convertidor.
- Protección contra sobrecargas en las líneas de salida. En este caso el convertidor deberá pararse durante un segundo para permitir a los diferentes circuitos regresar a sus condiciones normales de funcionamiento. Transcurrido este tiempo, arrancará nuevamente. Si el cortocircuito ha desaparecido, el convertidor seguirá funcionando normalmente, en caso contrario, se volverá a parar durante un segundo y, posteriormente, arrancará. Sin embargo, si persiste el cortocircuito en el siguiente intento de arranque, el convertidor se parará definitivamente (máximo tres intentos de arranque). Lo mismo debe ocurrir en el caso de avería.

- Protecciones contra fallas del sistema de enfriamiento o temperaturas elevadas.
- Fusible de protección.
- Protecciones internas para sobrecorrientes y sobrevoltajes en los semiconductores de potencia.

En todos los casos, el primer nivel de protección contra los defectos será asegurado por los circuitos electrónicos, los cuales actuarán sobre el mando de la potencia o el corte de la alimentación de la alta tensión.

4.11.2 MONTAJE, CONSTRUCCIÓN Y SEÑALIZACIÓN

Los cofres de los convertidores se realizarán mediante bastidores de sustentación, los cuales estarán conectados a los bastidores de los vagones. Serán robustos, ligeros, resistentes a las tensiones mecánicas, estáticas y dinámicas previstas y, además, totalmente herméticos al polvo y al agua.

Sus puertas y cerraduras deberán ser fáciles de maniobrar, provistas de juntas de estanqueidad e indicadores de cerrado y abierto, respectivamente. Las puertas deben permitir total acceso a los componentes, para su montaje y reemplazo, por los costados del vagón. Se establecerá un sistema de apertura de dos pasos, el primero de seguridad con una apertura no mayor a 15° y el segundo mayor a 90°.

Tendrán un sistema de protección que permita al personal de mantenimiento conectar a tierra los circuitos de alta tensión mediante una secuencia de llaves o con un sistema de mayor avance tecnológico.

En general, todos los cajones conteniendo alta tensión estarán protegidos de esta forma.

La intemperie y los condiciones de servicio a que se verán sometidos los convertidores no les deberán ocasionar perturbación alguna en su funcionamiento, ni fatiga anormal en sus piezas y/o componentes.

Electrónica de Potencia

Los semiconductores de potencia deberán ser del tipo IGBT. Se deberá incluir como parte de el Estudio Definitivo todas las características técnicas de los dispositivos de potencia utilizados.

Electrónica de Control

La lógica de control del convertidor deberá ser basada en un microprocesador con un sistema de autodiagnóstico y estará concebida para que, por medio de un equipo portátil, se pueda verificar su funcionamiento total y localizar todas las averías del mismo. Además, deberá incluir una memoria para almacenamiento de datos y disponer de un sistema de comunicación por medio del cual se informe a otros sistemas del tren sobre su comportamiento. La transferencia de datos se debe efectuar también por medio del equipo portátil citado, el cual deberá ser incluido en el suministro.

Todos los componentes pertenecientes a circuitos electrónicos deberán responder a las especificaciones UIC, CEI y/o normas internacionales equivalentes.

4.12 BATERÍAS

En cada tren se deberá instalar bancos de baterías, en cantidad acorde a la formación propuesta, formados por celdas recargables de níquel-cadmio conectadas en serie. El banco de baterías estará conectado en paralelo a los circuitos del tren que lo requieran. La carga del banco de baterías se efectuará mediante el convertidor estático.

En condiciones normales, los bancos de baterías deberán alimentar las cargas del tren, en caso de falla de un banco de baterías, un solo banco deberá ser capaz de absorber, en forma automática, la carga de un tren completo.

En el caso que los convertidores estáticos no suministren energía eléctrica al banco de baterías, y suponiendo que el estado de carga de dicho banco sea de 3/4 de su capacidad nominal, éste deberá permitir alimentar al control del tren y al alumbrado de emergencia durante 45 min. como mínimo, y 01 hora, todos los equipos de freno y comunicación.

Sobre la cubierta de la celda se señalará:

El signo de las polaridades: (+) y (-).

En cada borne, una pieza de color convencional que señala la polaridad del borne: negro para el borne negativo y rojo para el borne positivo.

Estas indicaciones deben ser claras, legibles, durables y estar marcadas en relieve.

Los recipientes de las celdas del banco de baterías deberán ser fabricados conforme a la norma UL 94V-O o equivalente.

Los elementos serán recargables y totalmente intercambiables.

El banco de baterías se debe ubicar en un chasis portaceldas, el cual es un conjunto metálico que permite colocar varios acumuladores para asegurar su protección, fijación y mantenimiento. Además, este último deberá tener un sistema que permita su deslizamiento hacia el exterior del carro para su inspección o cambio.

El CONCESIONARIO deberá proporcionar un plano especificando:

- Dimensiones y tolerancias.
- Partes constitutivas y especificación de cada una de ellas.
- Peso.
- Material.
- Chasis.
- Justificación de capacidad.

El chasis estará protegido contra la corrosión del electrólito y permitirá el cambio fácil de una o varias celdas. Además, incluirá los conectores para alimentar los circuitos del tren. La caja de baterías será en acero inoxidable y montado en corredera.

Las agarraderas o platinas de manipulación deberán fijarse sólidamente, para evitar que los tornillos, tuercas u otros elementos hagan saliente en el interior de la caja.

La batería estará perfectamente aislada del chasis y situada de tal forma que tenga una ventilación adecuada para evitar la acumulación de los gases.

Los accesorios de los bancos de baterías permitirán el correcto funcionamiento de estos elementos, bajo las condiciones de operación y de vibraciones establecidas en esta especificación.

El CONCESIONARIO deberá presentar los ensayos de rutina y tipo a que serán sometidas las baterías.

4.13 SISTEMA DE CONTROL Y MANDO DEL TREN

Este sistema constituye una red de datos conforme a la norma IEC 61375

Los servicios digitales principales que ofrece son, entre otros: el control de la tracción y del coche (puertas, luces etc.), y la centralización de la gestión y supervisión de todos los dispositivos auxiliares del tren.

Este sistema de control y mando computarizado supervisará el funcionamiento del tren de acuerdo a la norma IEC 61375 además el sistema deberá integrar un sistema de diagnóstico y de ayuda a la operación y al mantenimiento, considerando los siguientes aspectos:

- Utilización de circuitos específicos y líneas del tren para la realización de las funciones de seguridad.
- Aplicación de tecnología de lógica programada, utilizando como enlace un sistema de comunicación distribuido para la realización de las funciones que no corresponden a la seguridad, e incluyendo las funciones de ayuda al mantenimiento.

La comunicación entre los equipos embarcados se realiza mediante una arquitectura de buses jerarquizada en dos niveles: el bus de tren que conecta los vehículos entre sí, y el bus de vehículo que conecta el equipo embarcado en un vehículo o grupo de vehículos. Ambos utilizan un protocolo Maestro-Esclavo.

La arquitectura y el equipo de monitoreo del tren deben asegurar que el sistema pueda escalarse, de manera que sea posible efectuar fácilmente modificaciones y extensiones de las aplicaciones.

El bus de tren especificado será en el estándar TCN como el *Wire Train Bus* (WTB), el cual permite la comunicación entre los equipos de diferentes vehículos del mismo tren, a 1 Mbps. Este bus se conecta a los nodos localizados en los vehículos, que son dispositivos que actúan como puertas de enlace entre el bus de tren y los diferentes buses de vehículos de cada coche.

El bus de vehículo será especificado en el estándar TCN como el *Multifunction Vehicle Bus* (MVB) que es un bus de comunicaciones serie que permite el intercambio de información entre los equipos instalados en un entorno local, a 1.5 Mbps. A él se conectan los dispositivos de los sensores y actuadores instalados en el vehículo, así como los dispositivos de control y supervisión.

El sistema monitor del tren se utilizará para:

- Optimizar el nivel de ergonomía entre el conductor y la función de conducción.
- Mejorar el nivel de disponibilidad general del material y reducir los tiempos de intervención en mantenimiento correctivo.
- Minimizar la complejidad del cableado.

El sistema monitor garantizará la independencia en el control de las funciones que el CONCESIONARIO considere críticas para el funcionamiento del tren, de manera que la disponibilidad del conjunto no se vea afectada si llega a producirse una avería en uno de los componentes.

Las funciones de supervisión, mando y control que deben ser consideradas en el sistema de monitoreo del tren incluirán los siguientes esquemas y equipos:

- Sistema de tracción y frenado
- Equipo de protección automática del tren (ATP)
- Sistema de operación de puertas
- Convertidor estático
- Carga de batería
- Motocompresor
- Sistema neumático
- Ventilación de salones de pasajeros
- Alumbrado
- Freno de estacionamiento
- Suspensión neumática
- Radioteléfono
- Sistema de sonorización
- Pantógrafo
- Engrasador de pestaña
- Equipo de arenado
- Dispositivos de «SEÑAL DE ALARMA»
- Presencia de alta tensión
- Conmutadores y llaves de operación del tren
- Registrador electrónico de eventos (caja negra)
- Conducción
- Ayuda al mantenimiento

Características de la Red del Tren

Los trenes contarán con una red informática inteligente distribuida en cada uno de sus vagones, basada en tecnología de sistemas abiertos. La red se basará en el enlace del autómatas programable (PLC) de cada vagón, a través de la línea del tren, a las computadoras centrales (una en cada cabina). El sistema de interconexión estará basado en un anillo de cable de par trenzado (*twisted pair*) blindado. La red debe poseer una alta capacidad de desempeño, fiabilidad y escalabilidad.

El sistema operativo de la red deberá permitir trabajar con los diversos programas individuales de comunicación que existan en cada uno de los autómatas programables (PLC) y los equipos que interconecte.

4.14 SISTEMA DE COMUNICACIÓN A BORDO

Las funciones que deberá realizar este sistema se listan a continuación:

- Aviso de cierre de puertas.
- Comunicación del interior de los vagones a la cabina.
- Comunicación entre cabinas.
- Comunicación de las cabinas a los salones de pasajeros.
 - Anuncio de las estaciones.
 - Emisión de música ambiental con control de volumen automático.
 - Emisión de mensajes pre-grabados y/o programables.

4.15 RADIOTELEFONÍA

Los trenes estarán equipados con un equipo transmisor-receptor de radio ubicado en la cabina de guía, así como con sus accesorios, incluyendo su antena en el techo de la cabina, de acuerdo a lo especificado en el Tomo 4, correspondiente al Sistema de Telecomunicaciones.

4.16 SISTEMA DE MODOS DE CONDUCCIÓN

El tren tendrá dos (2) modalidades de conducción: Manual y Manual con Protección ATP. El equipo ATP será suministrado como parte del Sistema de Señalización de Vía. La infraestructura del vagón deberá estar preparada, tanto en ubicación como en canalizaciones, para admitir el equipo de ATP. Se utilizará canalizaciones exclusivas para este sistema. La llave de selección de conducción deberá ser de construcción robusta y de seguridad intrínseca.

4.17 CAJA NEGRA

Los trenes deberán contar con un dispositivo que permita detectar, medir, registrar, procesar, mostrar y transmitir parámetros relacionados con el funcionamiento de sus equipos, los cuales permitirán conocer el comportamiento general del tren, así como el de sus principales sistemas, y, en caso de incidentes, realizar un deslinde de responsabilidades. La caja negra es un registrador electrónico múltiple, diseñado con base en un microprocesador, cuyo objetivo principal es memorizar parámetros de funcionamiento del tren. La caja negra deberá contar con un puerto de comunicación a través del cual sea posible conectar al equipo un sistema de cómputo para programarla y extraer la información.

4.18 ADECUACIONES A LOS TRENES EXISTENTES

Los trenes existentes deberán ser objeto de las siguientes adecuaciones técnicas, como mínimo:

- Mejoramiento del sistema de ventilación del compartimiento de pasajeros de los vagones, con la finalidad de alcanzar por lo menos un flujo de cien (100) renovaciones de aire por hora.

- Instalación del equipamiento necesario para cumplir con lo especificado en el numeral 4.15 (“radiotelefonía”), igual al de los vagones con cabina nuevos.
- Instalación del equipamiento de señalización a bordo (ATP), en cumplimiento de lo especificaciones técnicas básicas para Señalización igual al de los vagones con cabina nuevos.
- Recuperación de la operatividad de algunos sistemas del Material Rodante que se encuentren por debajo del nivel o estado normal de funcionamiento, con el objeto de homogenizar el estado de todas las unidades.

4.19 PRUEBAS PRELIMINARES Y DE PUESTA EN MARCHA

4.19.1 PRUEBAS PRELIMINARES

Estas pruebas serán de tres tipos:

Pruebas de prototipo

Se realizarán al primer equipo y/o estructura no experimentado, antes de lanzar su producción en serie. En este caso, y dado que se exige que los equipos para el CONCEDENTE deben ser equipos ya probados en otros Metros, los prototipos a que nos referiremos serán principalmente las vigas oscilantes, los bastidores de los bogies, las cajas del material rodante y algunas otras estructuras y equipos de menor importancia.

Pruebas tipo

Son las que se efectúan a la primera unidad, llamada cabeza de serie, de un diseño ya experimentado.

Se realizarán a los principales equipos y/o sistemas, y comprenderán:

- o Determinación de ajustes y tolerancias.
- o Determinación de temperaturas.
- o Verificación del cumplimiento de los parámetros de diseño, de operación y de mantenimiento establecidos.
- o Se realizarán pruebas de rendimiento del primer tren, con carga simulada. Estas pruebas podrán realizarse en las instalaciones del fabricante o en las del CONCESIONARIO, previo acuerdo con el CONCEDENTE.

Pruebas de serie

Estas pruebas se realizarán a todas las unidades del lote.

Serán efectuadas a los principales elementos, equipos y sistemas antes de la puesta en servicio y comprenderán:

- o Verificación breve de las características de operación.
- o Verificación del buen funcionamiento general.
- o Verificación de los rendimientos operativos.
- o Repetición de algunas pruebas de tipo que se considere conveniente realizar.

4.19.2 PRUEBAS DE PUESTA EN MARCHA

La puesta en marcha se refiere a todas las acciones y pruebas que se realizarán para poner en servicio la línea, una vez que hayan sido instalados los equipos y/o sistemas.

Las pruebas en cuestión comprenderán, por lo menos y no necesariamente en este orden: pruebas de funcionamiento, operativas y de marcha en vacío.

Pruebas de Funcionamiento

- Pruebas en vacío, sin carga, de todos y cada uno de los equipos y sistemas aislados.
- Pruebas con carga de los equipos y sistemas aislados.
- Pruebas de todos los equipos y sistemas juntos, excepto la circulación de los trenes.
- Pruebas del gálibo de las instalaciones con respecto a los trenes.
- Pruebas de todos los equipos y sistemas juntos incluyendo la circulación de los trenes.

Durante el desarrollo de estas pruebas se realizará todos los ajustes que resulten necesarios.

Pruebas Operativas

Éstas se realizarán para verificar y ajustar el sistema completo a los parámetros operativos establecidos e incluyen, por lo menos, los siguientes aspectos:

- Intervalo mínimo posible.
- Tiempos de recorrido entre estaciones y el de una vuelta completa.
- Tiempos de parada en estaciones y terminales.
- Velocidad máxima y comercial.
- Marcha tipo.
- Modos de conducción.
- Señalización de espaciamiento y de maniobra.
- Mando y control del tráfico y de los equipos.
- Telecomunicaciones.

Pruebas de Marcha en Vacío

La marcha en vacío involucra la operación, sin pasajeros, de toda la línea para:

- Probar los equipos en condiciones muy cercanas a las reales para efectuar los últimos ajustes y poner en evidencia las fallas de «juventud» que se producen normalmente en todo sistema nuevo.
- Completar el entrenamiento del personal en el manejo de los nuevos equipos.

Los procedimientos y/o los protocolos de las pruebas aquí mencionadas y otras que resulten necesarias serán formulados por el CONCESIONARIO de acuerdo a prácticas y normas comunes para pruebas de equipos y sistemas ferroviarios o de Metro y sometidos a la aprobación de supervisión.

Los costos resultantes de la realización de todas las pruebas serán a cargo del suministrador del Material Rodante, que someterá a la aprobación de la supervisión, con anticipación, la realización de cada prueba, el programa y protocolos de pruebas de todos y cada uno de los equipos y/o sistemas.

4.20 DOCUMENTACIÓN

Se deberá entregar toda la documentación del proyecto, la cual comprende cuatro partes: documentación del estudio de ejecución, documentación a entregar con el Estudio Definitivo, documentación de aceptación y documentación de operación y mantenimiento.

4.20.1 DOCUMENTACIÓN DEL ESTUDIO

Comprende también los elementos del proyecto preliminar.

A título indicativo y no limitativo esta documentación debe incluir:

- Descripción técnica y un listado de todos los componentes del equipo (*hardware* y *software*), en la cual se pueda identificar cualquier repuesto y/o programa que sea necesario en el futuro. En los listados de componentes deberán constar las especificaciones, el código del fabricante y el código del componente en el mercado.
- Esquemas de principios de ejecución.
- Documentos de los parámetros utilizados, etcétera.
- Planos de cableado.
- Planos de circuitos impresos.
- Memorias de cálculo.

4.20.2 DOCUMENTACIÓN A ENTREGAR CON EL ESTUDIO DEFINITIVO

Se realizará para obtener la aprobación del CONCEDENTE y también para verificar las interfases con las demás instalaciones. Se entrega según la progresión de los estudios de ejecución del CONCESIONARIO.

Se entregará en dos ejemplares, más un tercero que será devuelto al Concesionario con las observaciones o aprobación de ésta.

La documentación a entregar con el Estudio Definitivo deberá incluir los siguientes puntos:

- Plano de montaje con indicación de dimensiones y peso, además de los requerimientos de espacios, ventilación, energía eléctrica, etc., necesarios para el correcto funcionamiento de los equipos ofrecidos. Con respecto al consumo de energía, deberá proporcionarse el requerimiento preciso de éste en la peor condición.
- Descripción detallada de la configuración propuesta, con identificación y ubicación física de los componentes del sistema.
- Descripción técnica del funcionamiento de los elementos componentes del sistema.
- Especificaciones técnicas completas referidas a la configuración propuesta.
- Esbozo de los sitios, con indicación y justificación del espacio necesario.
- Descripción técnica del sistema ofrecido.
- Programa de operación.
- Referencias.
- Toda la información que el Concesionario esté obligado a presentar de acuerdo a lo aquí especificado y la que considere necesaria para cumplir y/o aclarar los términos técnicos y comerciales de su propuesta.

Una vez aprobados los documentos, el Concesionario deberá entregar la colección completa de las copias maestras u originales en papel y en soporte magnético u óptico.

4.20.3 DOCUMENTACIÓN DE ACEPTACIÓN

Presentada a más tardar en el momento de la Aceptación de la Obra, la documentación de aceptación comprenderá:

- Inventarios de los equipos y partes principales de los sistemas y subsistemas a entregar.
- Certificados de los ensayos y mediciones efectuadas antes de la instalación, en las empresas o laboratorios de los diferentes constructores y fabricantes del material.
- Resultados de los ensayos y controles efectuados durante la instalación.
- Resultados de los ensayos y controles efectuados después de la instalación: ensayos generales de funcionamiento.
- Juego de planos correspondientes, incluyendo montaje y distribución, en su última versión, planos «tal como instalado» (as built).
- Los procedimientos de pruebas en fábrica, pruebas aisladas en campo, pruebas integradas y de puesta en marcha.

A esta documentación de aceptación se anexará un expediente que recopile los resultados de los ensayos de aceptación. La documentación de aceptación será entregada en tres ejemplares en papel y en soporte magnético u óptico.

4.20.4 DOCUMENTACIÓN DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Esta documentación será presentada en soporte resistente y de fácil utilización, a más tardar 30 días calendario antes del inicio de la Puesta en Operación Comercial. De una forma general y hasta el final del período de garantía, el Concesionario deberá cumplir con la actualización de toda la documentación contractual suministrada.

La documentación comprende:

- El conjunto de documentos del estudio de ejecución, perfectamente actualizado (entregada al efectuarse la aceptación provisional en tres ejemplares).
- Manuales de operación.
- Manuales que incluyan instructivos de funcionamiento y de montaje de equipos y sistemas, y planos de distribución de equipos y demás instrucciones pertinentes.
- Un manual que defina toda la planificación del mantenimiento preventivo, incluyendo un listado de trabajos necesarios para la correcta conservación del equipo, para cada uno de los cuales se deberá especificar los siguientes datos:
 - Periodicidad con la cual deberán realizarse estos trabajos, ya sea en kilómetros recorridos, en horas de servicio, en número de movimientos o, de preferencia, en tiempo calendario.
 - Descripción detallada del método manual que deberá seguirse para la correcta ejecución de los trabajos, de ser posible con una estimación del tiempo necesario.
 - Especificación técnica de los materiales necesarios para la ejecución de los trabajos, haciendo una especial mención de las herramientas y/o equipos de fabricación especial.
- Manuales que definan los procedimientos de diagnóstico, detección y corrección de fallas y averías, además de las reparaciones (descripción de las fallas más probables, de sus efectos, de su detección, maniobras a efectuar, reparación propiamente dicha, en tres ejemplares).
- Manuales que incluyan instructivos de principios de funcionamiento, de operación y montaje de equipos y sistemas y planos de distribución de equipos y demás instrucciones pertinentes.

- Catálogos de conjuntos, subconjuntos y partes hasta nivel de componente del total de los suministros, con los datos necesarios y suficientes para la adquisición, fabricación y montaje de cada pieza en el mercado nacional o internacional. Estos catálogos contendrán los números de referencia e información de los fabricantes originales y dibujos «explosionados» de los conjuntos y subconjuntos.
- Juego de planos detallados de circuitos eléctricos y electrónicos de módulos, equipos, sistemas y subsistemas, indicando la interconexión de todos los elementos. Se indicará asimismo los valores de corriente y tensión, formas de onda y denominación de componentes eléctricos y electrónicos.
- Un conjunto de copias maestras y documentos originales de muy buena calidad, de la siguiente información:
 - Manual de programación
 - Manual de comunicación de datos
 - Guía para la corrección de problemas
 - Descripción de circuitos
 - Descripción del sistema
 - Descripción del *software*
 - Manual de utilización del *software*
 - Cartilla de prueba de operación del sistema (este documento podrá incorporar comentarios de la AATE que deberán ser considerados durante la aceptación definitiva del sistema)

Toda esta información deberá ser suministrada, también, en soporte magnético u óptico.

4.20.5 GENERALIDADES SOBRE LA DOCUMENTACIÓN

El Concesionario deberá entregar toda la documentación y los planos en idioma castellano. Los planos serán entregados en tamaños normalizados según normas DIN. También se entregarán en medio digital, en la última versión de AUTOCAD.

El texto y los cuadros se editarán en las últimas versiones de los programas Word y/o Excel de Microsoft.

Las unidades serán expresadas en el sistema métrico decimal.

Toda la documentación entregada por el Concesionario, hasta la puesta en servicio del sistema, será considerada como propiedad del CONCEDENTE, por lo que ésta podrá elaborar las copias que considere necesarias para su uso interno.