00000002

ANEXO 1

ESPECIFICACIONES TÉCNICO FUNCIONALES PARA LA FABRICACIÓN DE UN LOTE DE 30 TRENES FÉRREOS QUE CIRCULARÁN EN LA LÍNEA 12 DEL METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO.

1 OBJETIVOS Y ALCANCES DE LAS ESPECIFICACIONES. 7

2 CONDICIONES Y REQUERIMIENTOS PARA LA FABRICACIÓN DE TRENES FÉRREOS. 7

2.1 GENERALIDADES. 7
2.2 CONDICIONES AMBIENTALES. 7
2.3 VÍA. 8
2.4 GÁLIBO. 8
2.5 ALTA TENSIÓN DE ALIMENTACIÓN. 9
2.6 INTERFERENCIAS ELECTROMAGNÉTICAS. 9
2.7 COMPOSICIÓN DE LOS TRENES. 10
2.8 DIMENSIONES DE LOS TRENES. 10
2.9 DEFINICIÓN DE PESO Y CARGA PARA LOS CÁLCULOS DEL DESEMPEÑO DE LOS TRENES. 11
2.10 DESEMPEÑO DE LOS TRENES. 12
2.10.1 VELOCIDADES. 12
2.10.2 TRACCIÓN Y FRENADO. 12
2.10.3 FRENO DE ESTACIONAMIENTO. 14
2.10.4 CICLOS DE SERVICIO. 15
2.10.5 TIPOS DE SERVICIO. 19
2.10.6 REGÍMENES EXCEPCIONALES DE SERVICIO. 20
2.10.7 SIMULACIONES, CÁLCULOS Y GRÁFICAS. 20
2.11 NIVEL ACÚSTICO Y VIBRACIONES. 23
2.11.1 NIVEL DE RUIDO PRODUCIDO EN CAMPO LIBRE POR UN TREN. 23
2.11.2 NIVEL DE RUIDO EN EL INTERIOR DE LOS CARROS. 24
2.11.3 VIBRACIONES. 24
2.12 NORMAS. 24
2.13 SEGURIDAD. 24
2.13.1 CLASIFICACIÓN DE LA GRAVEDAD DE LOS ACONTECIMIENTOS. 25
2.13.2 CLASIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS. 25
2.13.3 OBJETIVOS CUANTITATIVOS. 26
2.13.4 ANÁLISIS PRELIMINAR DE LOS RIESGOS. 26
2.14 MANTENIBILIDAD. 27

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

2.14.1 Objetivo. 27
2.14.2 Criterios de Mantenibilidad. 27
2.14.3 Maniobras para Mantenimiento y Encarrilamiento. 28

3 ESPECIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS Y COMPONENTES DE LOS TRENES 28

3.1 Bogies 28
3.1.1 Características generales de los Bogies 28
3.1.2 Criterios de Dimensionamiento. 31
3.1.3 Bastidor de Bogie. 31
3.1.4 Eje de Rodadura Ensamblado. 32
3.1.5 Suspensión Primaria. 35
3.1.6 Suspensión Secundaria. 35
3.1.7 Unión Caja - Bogie. 37
3.1.8 Sistema de Frenado Neumático. 37
3.1.9 Freno de Estacionamiento. 38
3.1.10 Órganos Diversos. 39
3.1.11 Requerimientos Generales 39
3.2 Caja. 40
3.2.1 Tipos de Cajas. 42
3.2.2 Estructura de la Caja. 42
3.2.3 Enganches y Pasillo de Intercirculación. 44
3.2.4 Puertas. 47
3.2.5 Ventanas. 52
3.2.6 Aislamientos. 52
3.2.7 Revestimientos. 53
3.2.8 Salón de Pasajeros. 55
3.2.9 Pintura. 57
3.2.10 Señalización Exterior Luminosa. 58
3.2.11 Iluminación Interior del Salón de Pasajeros. 58
3.2.12 Captación de Energía Eléctrica. 59
3.2.13 Cableado de Alta y Baja Tensión. 61
3.2.14 Acopladores Eléctricos. 62
3.2.15 Elementos de Protección Eléctrica. 63
3.2.16 Equipos y Arreglos Diversos. 63
3.2.17 Inscripciones y Placas. 64
3.3 Cabina de Conducción. 66
3.3.1 Pupitre de Conducción. 67
3.3.2 Asiento del Conductor. 67
3.3.3 Puertas de Acceso a Cabina. 68

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

00000004

3.3.4 Ventana de Puerta de Cabina. ... 69
3.3.5 Iluminación de la Cabina. ... 69
3.3.6 Ventilación de la Cabina. ... 70
3.3.7 Luces de Protección de los Trenes. ... 70
3.3.8 Luces de Identificación. ... 70
3.3.9 Indicador Frontal Luminoso. ... 70
3.3.10 Advertidores Sonoros. ... 70
3.3.11 Conmutadores. ... 71
3.3.12 Accesorios Diversos. ... 71
3.3.13 Equipos y Accesorios de Cabina. ... 71
3.4 Sistema de Tracción-Frenado Electrico. ... 82
3.4.1 Características Generales. ... 83
3.4.2 Condiciones Generales de Funcionamiento. ... 84
3.4.3 Influencia Sobre las Instalaciones Eléctricas Exteriores. ... 85
3.4.4 Sistema de Enfriamiento. ... 86
3.4.5 Resistencias de Freno Reostático. ... 86
3.4.6 Disyuntor Ultrarrápido. ... 86
3.4.7 Componentes del Equipo Eléctrico de Potencia. ... 87
3.4.8 Protecciones y Seguridades. ... 87
3.4.9 Sistema de Control y Señalización. ... 88
3.4.10 Aparatos de Mando y Control. ... 88
3.4.11 Construcción y Montaje. ... 89
3.4.12 Motores de Tracción. ... 90
3.5 Sistema de Antibloqueo. ... 91
3.6 Sistema de Generación y Conversión de Energía. ... 92
3.6.1 Convertidor Estático. ... 92
3.6.2 Bancos de Baterías. ... 97
3.7 Generación y Distribución de Aire Comprimido. ... 98
3.7.1 Unidad de Compresión de Aire. ... 98
3.7.2 Motor Eléctrico. ... 99
3.7.3 Inversor del grupo motocompresor. ... 100
3.7.4 Secador de Aire. ... 100
3.7.5 Tanques de Aire Comprimido. ... 100
3.7.6 Control, Mando y Regulación. ... 100
3.7.7 Instalación Neumática. ... 101
3.8 Informática Embarcada. ... 102
3.8.1 Concepción General del Sistema de Control y Mando. ... 102
3.8.2 Características de Funcionamiento. ... 103
3.8.3 Funciones auxiliares Integradas a la Informática. ... 104
3.8.4 Características del Equipo Portátil y Fijo de Servicio. ... 106
3.8.5 Software de Análisis de Datos. ... 106

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

00003005

3.8.6 Ayuda al Mantenimiento. 107
3.8.7 Caja de Señalización "BS". 107
3.9 Sistema de comunicación. **107**
3.9.1 Características de funcionamiento 108
3.9.2 Especificación de los componentes del sistema. 109
3.9.3 Sistema de información al usuario. 109
3.10 Registrador Electrónico de Eventos. **109**
3.10.1 Funciones Generales. 109
3.10.2 Características Operativas. 110
3.10.3 Características de Alimentación. 110
3.11 Circuito Cerrado de Televisión (CCTV). **110**
3.12 Sistema de Video-Información al usuario **110**

4 TRABAJOS QUE EFECTUARÁ ALSTOM EN COORDINACIÓN CON "EL CONSORCIO" RESPONSABLE DE LA OBRA CIVIL Y ELECTROMECÁNICA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA LÍNEA 12. ..... **111**

4.1 Pilotaje automático. **112**
4.2 Telefonía de trenes. **112**

5 ESTUDIO Y APROBACIÓN DEL PROYECTO EN LA ETAPA DE FABRICACIÓN DE TRENES. **112**

5.1 Documentos Técnicos Requeridos. **113**
5.1.1 Primera Categoría. 113
5.1.2 Segunda Categoría. 115
5.1.3 Tercera Categoría. 115
5.2 Elaboración de los Documentos. **116**
5.2.1 Clasificación. 117
5.2.2 Planos de Equipos y Componentes. 117
5.3 Control de la documentación. **117**
5.3.1 Revisión de la documentación. 117
5.3.2 Entrega de documentos. 118

6 SUPERVISIÓN Y PRUEBAS. **118**

6.1 Supervisión de la Fabricación. **118**
6.2 Responsabilidad. **119**
6.3 Fases de la Supervisión. **119**
6.3.1 Supervisión en la Recepción de Materiales y Componentes. 119

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

C0000006

6.3.2 SUPERVISIÓN EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN. 120
6.3.3 SUPERVISIÓN DE HERRAMIENTAS PARA EL PROCESO DE ENSAMBLE. 121
6.4 AUTORIZACIÓN DE EMBARQUE. 121
6.4.1 ACTA DE INSPECCIÓN DE LLEGADA DE TREN A INSTALACIONES DEL S.T.C. 122
6.5 ACONDICIONAMIENTO Y PRUEBAS. 122
6.6 RECEPCIÓN PARA PUESTA EN SERVICIO. (RECEPCIÓN PROVISIONAL) 123
6.7 RECEPCIÓN POR FIN DE CONTRATO. (RECEPCIÓN DEFINITIVA) 124

7 EVALUACIÓN DE SEGURIDAD, FIABILIDAD Y DISPONIBILIDAD DURANTE EL PERIODO DE GARANTÍA. 124

7.1 AVERÍAS QUE AFECTAN LA SEGURIDAD. 124
7.2 FIABILIDAD. 124
7.2.1 ESPECIFICACIÓN DE LA FIABILIDAD. 124
7.2.2 FIABILIDAD POR LOTE Y MDBF ESPECIFICADO. 125
7.2.3 ESPECIFICACIÓN DE LA FIABILIDAD POR SISTEMA. 126
7.2.4 PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE LA FIABILIDAD. 129
7.3 AVERÍAS QUE PROVOCAN AFECTACIONES AL SERVICIO 131
7.4 DISPONIBILIDAD. 132

8 SERVICIO DE POSTVENTA. 133

8.1 PLAN DE MANTENIMIENTO. 134
8.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO. 134
8.2.1 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO 135
8.2.2 MODIFICACIONES A LOS CRITERIOS DE MANTENIMIENTO 135
8.2.3 EVALUACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO 135
8.2.4 CALIFICACIÓN PONDERADA DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO 136
8.2.5 IMAGEN Y CONFORT 136
8.3 MANTENIMIENTO CORRECTIVO. 137
8.3.1 ATENCIÓN DE SITUACIONES DE EMERGENCIA. 138
8.3.2 REPARACIONES POR ACCIDENTES NO IMPUTABLES A ALSTOM Y ACCIONES VANDÁLICAS. 138
8.4 REFACCIONES Y EQUIPOS. 138
8.4.1 REFACCIONES Y MATERIALES DE CONSUMO 138
8.4.2 EQUIPOS Y REFACCIONES DEL TREN Y STOCK DE SEGURIDAD 139
8.4.3 CONDICIONES PARA EL REFACCIONAMIENTO 139
8.5 TALLERES INSTALACIONES Y EQUIPOS. 139
8.5.1 TALLERES 139
8.5.2 INSTALACIONES Y EQUIPOS 140
8.6 NORMAS DE SEGURIDAD Y DISPOSICIONES INTERNAS DEL S.T.C. 140

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

C0000037

9 CAPACITACIÓN (TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA) 140

9.1 CAPACITACIÓN DEL PERSONAL TÉCNICO Y OPERATIVO. 141
9.2 FABRICACIÓN DE TRENES –ADAPTACIÓN TECNOLOGÍA- 143
9.3 TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA EN EL MANTENIMIENTO 143
9.4 SIMULADOR DE CABINA 143
9.5 CENTRO DE TECNOLOGÍA DE TRENES, CTT 144

10 GARANTÍAS 144

10.1 GARANTÍA DE LOS TRENES Y SUS EQUIPOS. 144
10.2 AVERÍAS SISTEMÁTICAS. 146

11 RELACIÓN DE APÉNDICES 147

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

C0000008

1 OBJETIVOS Y ALCANCES DE LAS ESPECIFICACIONES.

Establecer las condiciones de carácter general, así como las Especificaciones Técnicas y Funcionales para la Fabricación, las Pruebas y Suministro del lote de 30 trenes de rodadura férrea que serán fabricados para la ***Red del Sistema de Transporte Colectivo***, que circularán en la Línea 12, incluye la definición de las características del tren como conjunto, los carros que lo conforman y sus órganos e instalaciones, de las obligaciones de Alstom, del desarrollo y aprobación del proyecto, así como las condiciones de supervisión, capacitación (transferencia tecnológica) del personal del STC, garantías técnicas, mantenimiento durante el periodo de garantía, bancos de prueba, así como la evaluación de la calidad del servicio de los trenes (fiabilidad, y disponibilidad).

Se contempla en la presente especificación técnica la utilización de sistemas y equipos ferroviarios de tecnología actualizada, asimismo, se entregará los cálculos, pruebas, simulaciones y toda la información de las especificaciones técnicas y funcionales de los trenes propuestos al " S.T.C.".

2 CONDICIONES Y REQUERIMIENTOS PARA LA FABRICACIÓN DE TRENES FÉRREOS.

2.1 Generalidades.

Los trenes que se diseñen, fabriquen y suministren, funcionarán satisfactoriamente en el ambiente, en las condiciones de operación y topográficas descritas en estas especificaciones.

Las dimensiones y pesos máximos, serán respetados estrictamente y los trenes y equipos propuestos permitirán un desempeño seguro, eficiente y económico. Los trenes serán concebidos y diseñados para una vida útil mínima de 30 años, bajo las condiciones de servicio establecidas, y ser capaces de operar ya sea en túnel o a la intemperie, en este último caso a nivel de superficie o elevado, bajo las condiciones del medio ambiente que prevalecen en la Ciudad de México, considerando que cubrirán un recorrido aproximado de 150,000 kilómetros por tren anualmente.

2.2 Condiciones Ambientales.

La Ciudad de México se encuentra a una altura media de 2,240 m sobre el nivel del mar y su clima se caracteriza por una temperatura ambiente con variaciones entre -6 y 42°C, con una precipitación pluvial anual promedio de 985 mm, con eventuales tormentas intensas y una humedad relativa de 75 a 90%; además de estar expuesta a niveles altos de contaminación ambiental.

Los trenes serán diseñados y construidos de tal forma que el ambiente al que estarán expuestos no provoque ninguna perturbación en su funcionamiento, no ocasione avería de los elementos que los constituyen ni su deterioro o destrucción.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

Se garantizará la estanqueidad de todos los elementos que lo requieran, en función de las condiciones a las que estarán expuestos, estableciéndose el grado de protección adecuado según Normas **IEC** o equivalentes. Además, los procedimientos aplicables para evitar la corrosión deben corresponder al objetivo de garantizar la vida útil de los carros en un mínimo de 30 años, conforme se indica en el numeral *3.2.9. "Pintura"*. El lavado de los coches podrá realizarse con una máquina automática con producto detergente del tipo aniónico con PH de 7 a 9.5 y eventualmente productos con base solvente que pueden contener componentes clorados, a presión o en forma manual.

Los trenes podrán estacionarse por un periodo largo a la intemperie sin protección específica y sin sufrir deterioro.

2.3 Vía.

Se considerará en sus diseño la disposición y gálibos de los elementos de la vía, de la obra civil y electromecánica así como de los trenes en las condiciones limite de carga, perfil y trazo de la vía, respetando tanto estática como dinámicamente las distancias establecidas en las normas de aplicación ferroviaria.

Los trenes serán proyectados y fabricados para circular en una vía con una trocha de 1,435 mm.

Las condiciones límites del trazo de las vías para el material rodante de rodadura férrea son las siguientes:

- Rampas y pendientes del 4%.
- Los radios de curvatura mínimos en vías secundarias y principales, estarán en función del trazo de la línea, de la zonas de maniobras y de la velocidad máxima de circulación a fin de garantizar la correcta inscripción en curva dentro de los márgenes normativos de seguridad ferroviaria y confort, además de asegurar el correcto desempeño y vida útil tanto de las ruedas como del riel. Se considerará todos Gálibos y datos de la vía indicados en el Apéndice A *"Información correspondiente al gálibo, envolvente dinámica del tren, perfil, trazo, marchas tipo y características del riel de la línea 12"*, se da el trazo de las vías tanto principales como secundarías.
- El desnivel máximo entre el piso de los carros y el anden será de 0/- 50 mm tomando en cuenta que estos tienen una altura de piso referido a la superficie de rodadura de 1150 -20/+0 mm.
- Las fosas de los talleres de mantenimiento y las fosas de visita en terminales, contaran con vías férreas en sobre-elevación con relación al nivel general del suelo. Las ruedas férreas se apoyaran y guiaran sobre el riel y podrán ser fácilmente revisadas. Los talleres contaran con alimentación de alta tensión a fin de alimentar los trenes, durante las maniobras y el mantenimiento. Un conmutador del tren asegurará que los pantógrafos sean replegados.

2.4 Gálibo.

Se considerará en el diseño de los trenes los gálibos estáticos y dinámicos así como la envolvente dinámica del material rodante determinada por la obra civil y electromecánica para la construcción de la Línea 12 dentro del cual deben quedar alojadas las cajas y los órganos instalados bajo bastidor, los componentes del bogie, pantógrafo y catenaria en su desarrollo estático y dinámico. Establecerá las dimensiones y características del tren

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

a fin de asegurar su libre circulación en tramo recto y en curvas, de manera que se garanticen, en todas las circunstancias tanto normales como extremas de operación, condiciones satisfactorias de seguridad.

Por tratarse de una línea de nueva construcción, es responsabilidad de Alstom tomará en cuenta para el diseño de los trenes, las características definitivas del gálibo acordadas por "EL S.T.C." con el constructor de la obra civil y electromecánica. Para efectos de la propuesta técnica se considerará la información del Apéndice A "*Información correspondiente al gálibo, envolvente dinámica del tren, perfil, trazo, marchas tipo y características del riel de la línea 12*".

Alstom será el único responsable de la correcta y segura circulación de los trenes fabricados con base en las condiciones constructivas y electromecánicas de la línea 12 establecidas en el Apéndice A "*Información correspondiente al gálibo, envolvente dinámica del tren, perfil, trazo, marchas tipo y características del riel de la línea 12*". En la etapa de revisión de diseño Alstom validará la información detallada y definitiva respecto a la obra civil y electromecánica es compatible con el seguro desempeño dinámico del material rodante propuesto.

2.5 *Alta Tensión de Alimentación.*

La alta tensión nominal de la alimentación en la línea será de 1500 VCD, dependiendo de las condiciones de carga de la Línea o imprevistas, podrá tener un rango de variación de 1000 a 1800 VCD. Para los cálculos de comportamiento, será considerada la aparición aleatoria de sobre tensiones en la línea de suministro, que son comunes a los sistemas de tracción eléctrica según las normas **IEC 850 y IEC 1287**, enmarcadas en la normatividad de aplicación ferroviaria, de tal forma que el diseño de los elementos de protección, filtros de entrada, inversor, etc., garanticen el correcto funcionamiento y desempeño del tren ante todas las condiciones de variación y transitorios de la tensión de alimentación.

El suministro de energía eléctrica se efectuará por catenaria rígida en túnel y flexible en tramo superficial, elevado y zona de talleres. La tensión eléctrica de tracción será distribuida por la catenaria como polo positivo y será captada por pantógrafos montados en la parte superior de las cajas de los carros motrices. El polo negativo estará constituido por los rieles de la vía férrea y los trenes se conectarán a éste a través de al menos una escobilla por cada eje motriz. Para la puesta a masa se tendrá por lo menos una escobilla por eje en los Bogies remolque, preferentemente alternadas.

2.6 *Interferencias Electromagnéticas.*

Los trenes y sus equipos no perturbarán o serán perturbados por los campos electromagnéticos producidos o radiados por los diversos sistemas de potencia, información, control o mando instalados en los trenes o existentes en la instalación fija, así como de fuentes externas a las instalaciones del S.T.C. Se exige el cumplimiento de las Normas **EC61000** ó **EN 50-121** ó equivalentes.

Por lo que Alstom se obliga a realizar los ensayos que estipulan las normas para comprobar el cumplimiento de esta exigencia.

En la etapa de revisión de diseño serán presentados al S.T.C., máximo 3 meses antes de la puesta en servicio del tren prototipo, los resultados de los estudios que demuestren el cumplimiento de lo aquí solicitado.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

En el caso que durante la operación de los trenes se presenten fenómenos de interferencia en los términos aquí estipulados, serán corregidos por Alstom.

2.7 *Composición de los Trenes.*

Los trenes serán formados de 7 carros, en formación Rc-M-M-M-M-M-Rc, respetando el gálibo previsto para la obra civil de la línea 12 Mixcoac-Tláhuac, con una relación de motorización de 71,4%, en una distribución funcional y simétrica. Cada carro motriz estará equipado con un pantógrafo.

La potencia de los motores garantizará las características de marcha indicadas en el presente documento numeral *2.10. "Desempeño de los trenes".*

2.8 *Dimensiones de los Trenes.*

Los carros serán diseñados y construidos con un peso mínimo; de cualquier manera, éstos no superarán la carga máxima de 15 toneladas por eje, aún cuando el más pesado de los carros se encuentre en sobrecarga excepcional, la cual se define posteriormente.

La instalación y disposición de los asientos será longitudinal tipo banca y apoyada en cantiliver para optimizar la capacidad, el confort y el tiempo de entrada y salida de los usuarios. Las principales dimensiones a considerar para los trenes, se muestran en la siguiente tabla y en le plan general del Anexo 1A:

DIMENSIONES	
Longitud del tren (entre frentes de los coches Rc de ambos extremos). *	140,300 mm
Longitud máxima de coches extremos (Rc).	19,500 mm
Longitud máxima de coche intermedio (M).	19,000 mm
Ancho del coche (considerando umbrales de puertas).	2,800 mm
Altura de techo referenciada a la superficie de rodadura.	3,600 +50/-0 mm
Altura del piso referenciada a la superficie de rodadura.	1,150 mm -20 /+0 mm
Separación entre coches (pasillo de intercirculación). *	900 - 1000 mm
Rango de operación de pantógrafo referenciado a la superficie de rodadura.	4,330 – 5,140 mm
Fuerza de contacto del pantógrafo sobre catenaria	Ajustable de 6 a 12 daN
Motorización mínima (relación entre numero de motrices y numero total de carros que forman el tren)	71,4%
Distancia entre ejes de pivotes	12,600 mm

Nota: Para los casos marcados con asterisco (Longitud del tren, separación entre carros) las dimensiones definitivas serán acordadas en la etapa de revisión de diseño y fijas en todo el proceso de fabricación.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

Se asegurara la correcta operación de la catenaria (rígida y flexible) en todas las condiciones de operación.

Para dimensiones generales de los carros Rc y M reportarse al dibujo del Anexo 1A adjunto.

2.9 *Definición de Peso y Carga para los Cálculos del Desempeño de los Trenes.*

Para el diseño y desempeño serán considerados los siguientes estados de carga:

• Peso en vacío:	Será el peso de los distintos carros sin carga de pasajeros.
• Carga *normal*	Estará constituida por el peso en vacío de cada uno de los carros, más la carga de los pasajeros, *(como mínimo 38 pasajeros sentados en carro con cabina y 42 en carros sin cabina, más los pasajeros de pie que resulten a razón de 4 por m^2, más el peso que resulte de dos pasajeros en silla de ruedas en los carros con cabina).*
• Carga *nominal*	Estará constituida por el peso en vacío de cada uno de los carros, más el peso de los pasajeros por cada carro *(como mínimo 38 pasajeros sentados en carro con cabina, más los pasajeros de pie que resulten a razón de y 42 en carros sin cabina, más los pasajeros de pie que resulten a razón de 6 por m^2, más el peso que resulte de dos pasajeros en silla de ruedas en los carros con cabina).*
• Sobrecarga excepcional	Estará constituida por el peso en vacío de cada uno de los carros, más la carga de los pasajeros, *(como mínimo 38 pasajeros sentados en carro con cabina y 42 en carros sin cabina, más los pasajeros de pie que resulten a razón de 10 por m^2 , más el peso que resulte de dos pasajeros en silla de ruedas en los carros con cabina).*
• Masas de inercia:	Las masas de inercia que considere Alstom para la determinación del desempeño del tren, serán presentadas en forma explícita y plenamente justificadas.

Notas:

- *El peso medio de cada uno de los pasajeros se considerará 70 kg.*
- *Para el cálculo de las masas por los pasajeros de pie, también se considera el área de los pasillos de intercirculación.*

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

2.10 *Desempeño de los Trenes.*

El sistema de Tracción-Frenado cumplirá con los requerimientos y el comportamiento dinámico que se detalla más adelante y que se refiere al desempeño del tren.

2.10.1 *Velocidades.*

La velocidad límite de servicio en vía recta será de 80 km/h. Para efectos de diseño se considerará la velocidad máxima de 90 km/h.

2.10.2 *Tracción y Frenado.*

El mando de la tracción y el frenado será continuo para evitar variaciones bruscas del par motor y tener así suavidad de marcha y comodidad de los pasajeros.

Los tiempos de respuesta del Sistema de Tracción-Frenado nunca serán mayores a los indicados en la siguiente tabla:

		SIGNIFICADO	Trt	Trp	Ttr
1	N –Ti	De neutro a cualquier posición de tracción	3.8	0.7	3.1
2	N –Fi	De neutro a cualquier posición de frenado de servicio	1.6	0.6	1.0
3	Ti – Tj	De una posición de tracción a cualquier otra posición de tracción	1.3	0.7	0.6
4	Fi – Fj	De una posición de frenado de servicio a cualquier otra posición de frenado de servicio	1.3	0.6	0.7
5	Ti – Fj	De una posición de tracción a cualquier posición de frenado de servicio	2.8	0.6	2.2
6	N – Fu	De neutro a frenado de urgencia	2.0	0.6	1.4
7	Ti – Fu	De cualquier posición de tracción a frenado de urgencia	2.0	0.6	1.4
8	Fi -- Fu	De cualquier posición de frenado de servicio a frenado de urgencia	1.8	0.6	1.2

Donde:

Orden / Trp / Ttr / 100%

Trp = TIEMPO DE RETARDO PURO

Ttr = TIEMPO DE TRANSICIÓN

Trt = TIEMPO DE RETRAZO TOTAL

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

Las exigencias de desempeño en tracción y frenado se dan a continuación para trenes de 7 carros con las hipótesis siguientes:

- Tensión nominal de alimentación.
- Vía recta horizontal.
- Vía seca.

A. La aceleración promedio de 0-40 Km/h será de 1.1 m/s^2 con carga normal en terreno plano horizontal. Así mismo existirá la posibilidad de ajustes para la misma, desde 0.8 m/s^2 hasta 1.2 m/s^2, con pasos de 0.1 m/s^2. El control permitirá una aceleración independiente de la carga a valores iguales o inferiores a la carga normal.

B. El frenado eléctrico máximo producirá una desaceleración de entre 0.8 y 1.1 m/s^2 para velocidades de 90 a 80 km/h con carga normal y desde 80 km/h a 5 km/h se tendrá una desaceleración constante de 1.1 m/s^2 con la misma carga.

C. A una velocidad menor a 5 km/h, el frenado eléctrico será sustituido por el frenado neumático, esta sustitución se realizará en forma conjugada, de tal manera que los cambios en la desaceleración sean imperceptibles durante esta transición. En todos los casos que se demande una desaceleración mayor a la máxima que el frenado eléctrico pueda proporcionar, este se complementará con frenado neumático.

D. En caso de que el frenado eléctrico (regenerativo o reostático) no sea capaz de suministrarse parcial o totalmente, éste será complementado o sustituido por el frenado neumático, con cambio imperceptible en la desaceleración al momento de la sustitución, por lo que el control del frenado neumático será diseñado en condiciones de seguridad, y de tal forma que garantice las desaceleraciones comandadas por el conductor (manipulador) o por el sistema de Pilotaje Automático.

Las resistencias para el frenado reostático serán capaces de disipar el 100 % de la energía máxima producida durante el frenado eléctrico y ser enfriadas por ventilación natural.

Con el propósito de obtener las máximas ventajas de recuperación de energía, el sistema contará con un equipo de control que vigile en todo momento la receptividad de la línea durante el curso del frenado eléctrico, utilizando al máximo las posibilidades de este modo de frenado. La energía generada durante el frenado eléctrico (regenerativo más reostático) será en promedio de al menos el 40 % respecto a la energía consumida en la fase de tracción bajo las condiciones del ciclo A1, y será demostrado su cumplimiento durante las pruebas tipo. Será considerada una tasa de regeneración de al menos el 35% en condiciones reales de servicio de la línea 12.

El esfuerzo eléctrico de frenado regenerativo será prioritario, según las condiciones de receptividad de la línea, sobre los esfuerzos de frenado reostático y neumático. El esfuerzo de frenado eléctrico reostático, será prioritario sobre el esfuerzo del frenado neumático, excepto cuando operen los sistemas de seguridad del tren (FU mandado por el Pilotaje Automático, FU mandado a través del manipulador, dispositivo de hombre muerto, palanca de

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

emergencia -KFS-, apertura del bucle de seguridad, entre otros), en este caso el freno neumático actuará de inmediato.

El esfuerzo de frenado neumático requerido en los carros remolque, estará condicionado al esfuerzo de frenado eléctrico de los carros motrices, de tal forma que si la solicitud de esfuerzo de frenado al tren es cubierta por el frenado eléctrico de los carros motrices, los carros remolque no ejercerán ninguna contribución en el esfuerzo de frenado total del tren.

Bajo condiciones de frenado eléctrico igual o menor a F6, el esfuerzo de frenado, se aplicará solo en los carros motrices, el frenado neumático en los remolques bajo estas condiciones será nulo entre 80 y 5 km/h. A una velocidad menor de 5 km/h el frenado eléctrico será compensado por el frenado neumático.

En caso de motrices inactivas al frenado eléctrico, el esfuerzo equivalente de frenado será compensado con freno neumático.

El frenado neumático tendrá prioridad cuando sea requerido por los sistemas de seguridad del tren.

En cada una de las posiciones de frenado, el tren suministrará las desaceleraciones siguientes en vía recta y horizontal que se indican:

- Para el grado de frenado de urgencia FU: 1.3 m/s^2 con carga nominal (su accionamiento será exclusivamente neumático)
- Para el grado máximo de frenado de servicio F6: 1.1 m/s^2, con carga normal
- Para las posiciones intermedias, entre el frenado mínimo y el frenado máximo de servicio de F1 a F6, se requiere una variación de desaceleración proporcional al desplazamiento del manipulador.

El jerk en tracción y frenado de servicio será menor a 0.8 m/s^3 en carga normal. El jerk tendrá la posibilidad de ajuste a través de software en caso de que se requiera.

En el Anexo 1E están demostrados de manera preliminar el cumplimiento a los requerimientos antes citados.

Durante la fase de revisión de los diseño se presentará para aprobación del S.T.C. todos los cálculos y simulaciones del sistema de tracción y frenado.

2.10.3 Freno de Estacionamiento.

Este tipo de frenado tendrá por objetivo imposibilitar el desplazamiento del tren bajo el efecto de la gravedad cuando este último esté detenido. Se accionará automáticamente a la pérdida de presión de frenado a partir de una presión descendente de 4 bar en el conducto de equilibrio y manualmente a través de un conmutador de mando eléctrico desde la cabina de conducción. Esta inmovilización estará asegurada aún en las condiciones más

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

desfavorables que se presenten en la operación. El freno de estacionamiento estando el tren con sobrecarga excepcional asegurará su inmovilización en rampas de 4.0%, aun con un carro sin freno de estacionamiento.

Cuando esté aplicado el freno de estacionamiento se impedirá la tracción del tren.

La aplicación del freno de estacionamiento será señalizada en la cabina y se apagará cuando todos los frenos de estacionamiento sean desactivados.

2.10.4 Ciclos de Servicio.

Estamos considerando que el programa de servicio de la red del metro de la Ciudad de México comprende de las 5:00 a las 0:30 horas para días laborables, es decir 19.5 horas máximo de funcionamiento diario. El kilometraje anual medio a recorrer por cada tren será de aproximadamente 150,000 km.

Condiciones de desempeño previstas para la línea 12:

Aceleración media de 0- 40Km/h: 1.1 m/s^2
Desaceleración máxima de servicio a carga normal: 1.1 m/s^2

Para efectos de diseño, se considerarán los siguientes ciclos y tipos de servicio, con base en los estados de carga del tren y la pendiente de la vía:

CICLO	CARGA	TOPOGRAFÍA
A1	Normal	plano y recto
A2	Nominal	plano y recto
B1	Normal	pendiente +2%
B2	Nominal	pendiente +2%

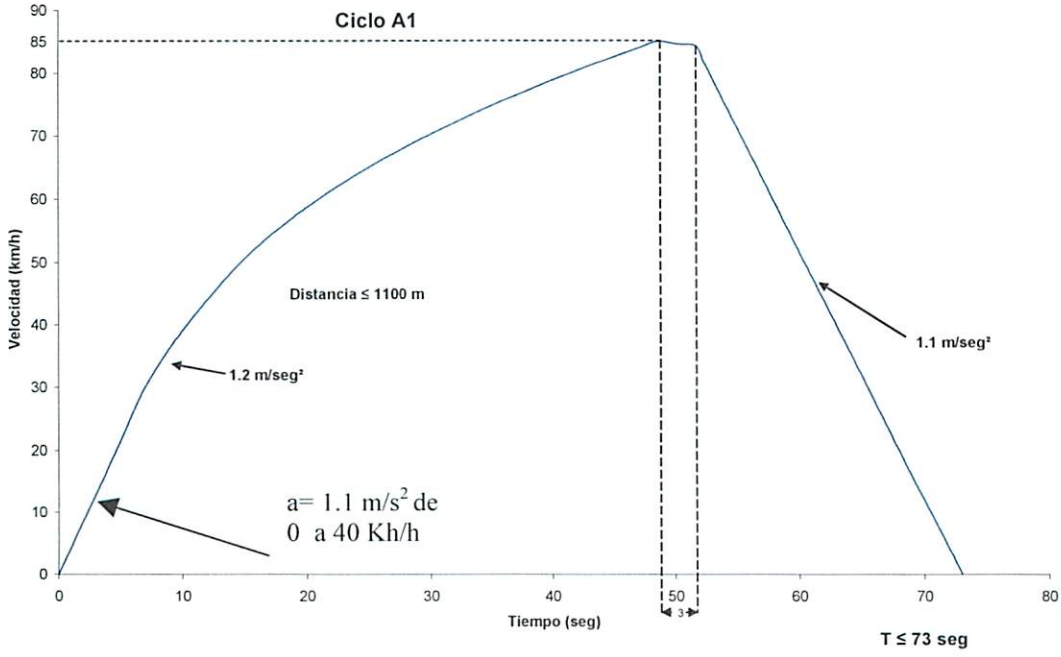
En cada tipo de ciclo los tiempos y distancias serán los que resulten del cumplimiento de las velocidades, aceleraciones y tiempos de neutro especificados en cada ciclo, de tal manera que el desempeño del tren cumpla con los requerimientos de operación de la Línea 12.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

ALSTOM

Ciclo A1: Para carga normal.

CICLO A1	
CONDICIONES DEL CICLO	**RESULTADOS ESPERADOS**
Fase de tracción: • Aplicar la tracción máxima T5 hasta alcanzar la velocidad de 85 km/h	**Aceleración media de 0- 40 Km/h** = 1. 1 m/s^2 Tiempo máximo para alcanzar la velocidad de 85 km/h ≤ 48 segundos
Fase de marcha libre: • Aplicar neutro durante 3 seg.	
Fase de frenado: • Aplicar durante toda la fase de frenado un grado de frenado F6 (eléctrico), hasta el paro del tren. (con línea 100% receptiva)	**Desaceleración constante** = 1.1 m/s^2 a partir de 80 Km/h. Compensación de frenado eléctrico por neumático por debajo de los 5 km/h.
• Tiempo de estacionamiento = 17 segundos	• Distancia total recorrida ≤ 1,100 metros. • Tiempo del ciclo sin considerar el tiempo de estacionamiento ≤ 73 segundos



Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

Ciclo B1: Para carga normal.

CICLO B1	
CONDICIONES DEL CICLO	**RESULTADOS ESPERADOS**
• Recorrido en rampa con pendiente del 2% (con arranque en plano horizontal de una distancia de 20 m).	**Aceleración máxima** = "la que se obtenga con el grado máximo de tracción"
Fase de tracción: • Aplicar la tracción máxima T5 hasta alcanzar la velocidad de 75 km/h	
Fase de marcha libre: • Aplicar neutro durante 3 seg.	
Fase de frenado: • Aplicar durante toda la fase de frenado un grado de frenado F6 (eléctrico), hasta el paro del tren. (con línea 100% receptiva)	Sustitución del frenado eléctrico por neumático por debajo de los 5 km/h.
• Tiempo de estacionamiento = 17 segundos	• Distancia total recorrida ≤ 1100 metros.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

Ciclo A2: Para carga nominal.

CICLO A2	
CONDICIONES DEL CICLO	*RESULTADOS ESPERADOS*
Fase de tracción: • Aplicar la tracción máxima T5 hasta alcanzar la velocidad de 85 km/h	**Aceleración máxima** = "la que se obtenga con el grado máximo de tracción"
• Una vez alcanzada la velocidad = 85 km /h, comandar el inicio del proceso de frenado.	
Fase de frenado: • Aplicar durante toda la fase de frenado un grado de frenado F6 (eléctrico), hasta el paro del tren. (con línea 100% receptiva)	Sustitución del frenado eléctrico por neumático por debajo de los 5 km/h.
• Tempo de estacionamiento = 17 segundos	• Distancia total recorrida ≤ 1100 metros.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

Ciclo B2: Para carga nominal.

CICLO B2	
CONDICIONES DEL CICLO	**RESULTADOS ESPERADOS**
• Recorrido en rampa con pendiente del 2% (con arranque en plano horizontal de una distancia de 20 m).	**Aceleración máxima** = "la que se obtenga con el grado máximo de tracción"
Fase de tracción: • Aplicar la tracción máxima T5 hasta alcanzar la velocidad de 75 km/h	
Fase de frenado: • Una vez alcanzada la velocidad máxima = 67 km./h, comandar el inicio del proceso de frenado.	Sustitución del frenado eléctrico por neumático por debajo de los 5 km/h.
• Tiempo de estacionamiento = 17 segundos	• Distancia total recorrida ≤ 1100 metros.

2.10.5 Tipos de Servicio.

El servicio convencional comprende los servicios continuo y de afluencia.

El servicio continuo se define como:

10 veces (10 ciclos A1 + 5 ciclos B1 + 10 ciclos A1).

El servicio de afluencia se define como:

8 veces (10 ciclos A2 + 5 ciclos B2 + 10 ciclos A2).

La secuencia de la simulación de los ciclos de carga será de la siguiente manera:

Continuo-Afluencia-Continuo-Afluencia-Continuo.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

2.10.6 Regímenes Excepcionales de Servicio.

Los equipos se dimensionarán de tal forma que puedan prestar el servicio indicado en cada uno de los casos siguientes:

- **Con un carro motriz inactivo**, bajo estas condiciones, el tren podrá seguir prestando servicio convencional por un periodo de por lo menos 6 horas, sin que haya afectaciones a los equipos del sistema de Tracción-Frenado.

- **Con dos carros motrices inactivos**, bajo estas condiciones, el tren podrá seguir prestando servicio convencional durante un periodo mínimo de 60 minutos sin que haya afectaciones a los equipos del sistema de tracción-frenado, con la reducción proporcional de la velocidad por la reducción del esfuerzo tractivo.

- Se debe considerar que, para el caso de que un tren no pueda reemprender la marcha por sus propios medios, será auxiliado por otro tren en vacío, que puede ser cualquier tren motivo de esta especificación, el cual será acoplado a él para retirarlo del servicio, ya sea empujándolo o jalándolo. Las exigencias de tracción deben ser tales que, el tren en vacío pueda empujar a otro tren en vacío a una velocidad de 5 Km/h por la rampa máxima de 4%, con los radios de curvatura mínimos indicados en el perfil de Línea del Apéndice A *"Información correspondiente al gálibo, envolvente dinámica del tren, perfil, trazo, marchas tipo y características del riel de la línea 12"*, sin que se presente afectación alguna a los distintos equipos de tracción.

- En caso de falla o aislamiento de frenado eléctrico de una o más motrices, la desaceleración del tren según el grado de frenado comandado no sufrirá variación respecto al valor especificado, ya que bajo estas condiciones se compensará con la actuación del frenado neumático. Asimismo el sistema será concebido, de tal forma que el frenado neumático tenga prioridad cuando sea requerido por los sistemas de seguridad del tren (Pilotaje Automático, bucle de seguridad, palanca de emergencia -KFS-, dispositivo de hombre muerto, frenado de urgencia, entre otros).

2.10.7 Simulaciones, Cálculos y Gráficas.

2.10.7.1 Simulaciones

Para las simulaciones preliminares para los siguientes casos del inciso a) al inciso f) ver Anexo 1E.

Las simulaciones definitivas, serán entregadas durante la etapa de revisión de diseño.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

a) **Cada uno de los ciclos de servicio, que son: A1, B1, A2 y B2.**

b) Servicio continuo: 10 veces (10 ciclos A1 + 5 ciclos B1 + 10 ciclos A1).

c) Servicio de afluencia: 8 veces (10 ciclos A2 + 5 ciclos B2 + 10 ciclos A2).

d) **Regímenes excepcionales de servicio, esto es:**

- Ciclo B1, con un carro motriz inactivo.
- Ciclo B1, con dos carros motrices inactivos.
- Maniobra de socorro a un tren vacío, por un tren vacío del modelo motivo de esta especificación, en rampa de 4.0%.

e) **Recorrido de la línea 12, vuelta completa, a las velocidades permitidas por la misma, según los datos consignados en el Apéndice A *"Información correspondiente al gálibo, envolvente dinámica del tren, perfil, trazo, marchas tipo y características del riel de la línea 12"* en los siguientes casos:**

- con carga nominal del tren, considerando tiempos de estacionamiento en anden de 17 segundos.
- con carga normal del tren, considerando tiempos de estacionamiento en anden de 17 segundos.

f) **Recorrido en línea 12, vuelta completa, a las velocidades permitidas por la misma, según los datos consignados en el Apéndice A *"Información correspondiente al gálibo, envolvente dinámica del tren, perfil, trazo, marchas tipo y características del riel de la Línea de la línea 12"* para cada uno de los siguientes casos:**

- con un carro motriz inactivo, con carga excepcional del tren, considerando tiempos de estacionamiento en anden de 17 segundos.
- con dos carros motrices inactivos, con carga excepcional del tren, considerando tiempos de estacionamiento en anden de 17 segundos.

2.10.7.2 Cálculos

Las simulaciones antes mencionadas, contemplan e indican para cada caso, los parámetros básicos considerados, entre los que destacan:

- Pesos considerados, desglosando lo referente a los carros, pasajeros y cargas de inercia.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

- Perfil topográfico de la línea 12 considerado en el Apéndice *A "Información correspondiente al gálibo, envolvente dinámica del tren, perfil, trazo, marchas tipo y características del riel de la Llínea 12".*

- Esfuerzos involucrados, desglosando los referentes a tracción, frenado, curvatura, pendiente, resistencia al avance, entre otros. Se deben incluir los tiempos de respuesta a los diferentes mandos de tracción y frenado.

- Rendimientos considerados para el equipo de tracción.

- Valores máximos y mínimos de operación de la tensión de línea.

- Condiciones ambientales de temperatura máxima y mínima.

2.10.7.3 Graficas

La metodología utilizada para la realización de las simulaciones esta demostrada en el Anexo 1E. Los resultados obtenidos que se presenten contenerán, por lo menos, los siguientes parámetros en gráficas que muestren, en función del tiempo:

a) La velocidad.

b) La distancia recorrida.

c) La aceleración.

d) Tiempos de recorrido.

e) La tensión de línea.

f) La corriente de línea.

g) La corriente de motor.

h) La tensión de motor.

i) La energía consumida.

j) La energía generada durante el frenado eléctrico (regenerativo mas reostático).

k) Frenado neumático.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

l) El jerk en tracción y frenado.

m) Las temperaturas de los devanados

n) Las temperaturas de las inductancias de filtro y de línea.

o) Las temperaturas de los equipos electrónicos de potencia y de control.

p) La temperatura interna del reductor

Los datos correspondientes en forma tabular, específicamente los datos de las simulaciones para los ciclos individuales serán presentados segundo a segundo. Los correspondientes a las simulaciones del servicio continuo, servicio de afluencia y las de los recorridos en la línea 12 podrán ser presentados cada cinco segundos.

Para la demostración del cumplimiento de las simulaciones como parte de las pruebas tipo, se acordará conjuntamente entre el S.T.C. y Alstom la programación y protocolos para la ejecución de las pruebas dinámicas del tren, previo a la puesta en servicio del tren prototipo (primer tren).

2.11 *Nivel Acústico y Vibraciones.*

El material rodante será concebido para generar el mínimo de vibraciones y de ruido, a efecto de minimizar las afectaciones a los usuarios y al entorno. Esta concepción del material rodante permitirá:

- Disminuir, desde su origen, los ruidos y las vibraciones generadas por los órganos principales y auxiliares.
- Limitar, al máximo posible, las transmisiones de ruido y vibraciones, tanto en el interior como en el exterior de los carros. El diseño y montaje de los equipos bajo bastidor y en el interior de la caja limitará el ruido perceptible en el interior y el exterior de los carros.
- En caso necesario, se preverán revestimientos para el aislamiento fónico. Éstos se fabricarán en materiales conforme a la Norma **NF F 16-101, categoría A1** (resistencia al fuego y *emisión de* humos) o equivalente.
- Atenuar, lo máximo posible, los ruidos emitidos por las diferentes paredes y partes de la estructura de la caja y, al mismo tiempo, lograr que las frecuencias resonantes estén desacopladas en cualquier punto del rango normal de funcionamiento.

2.11.1 *Nivel de Ruido Producido en Campo Libre por un Tren.*

Cumplirá con las exigencias de las normas ISO 3095 en cuanto al nivel de ruido continuo equivalente, medido a 7.5 m del eje de la vía, durante el tiempo de paso de un tren que circula en las condiciones de campo libre, no

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

excederá de los 85 dB, a una velocidad estabilizada de 60 km/h ± 5%. Este requerimiento será verificado durante la etapa de pruebas en el primer tren que se fabrique (tren prototipo).

2.11.2 Nivel de Ruido en el Interior de los Carros.

Cumplirá con las exigencias de las normas ISO 3381 en cuanto al nivel de ruido continuo en el interior del salón de pasajeros, durante el tiempo de paso de un tren que circula en las condiciones de campo libre, no excederá de los 80 dB, a una velocidad estabilizada de 60 km/h ± 5%. Este requerimiento será verificado durante la etapa de pruebas en el primer tren que se fabrique (tren prototipo).

2.11.3 Vibraciones.

La concepción de los equipamientos, así como la forma de fijarlos, se realizará en forma tal que se minimice la transmisión de vibraciones al carro a través de los puntos de unión.

Las uniones entre la estructura y los equipos se concebirán para evitar toda amplificación eventual que conduzca a fenómenos de resonancia.

Se entregará en la etapa de revisión de diseño, los documentos preliminares (memoria de cálculo del sistema de suspensión de los carros) que demuestren que la operación de los carros estará dentro del rango del nivel de vibraciones que indican las normas para obtener el máximo confort, asegurando la condición de estar fuera del rango de la frecuencia de resonancia.

Todos los equipos operarán sin afectaciones y para ello se considerará los valores máximos de amplitud, frecuencia y tiempo, conforme a los criterios y metodología de las normas **IEC 60077 y 60322** o equivalentes de aplicación ferroviaria.

La verificación de cumplimiento de estos valores se realizará durante las pruebas tipo.

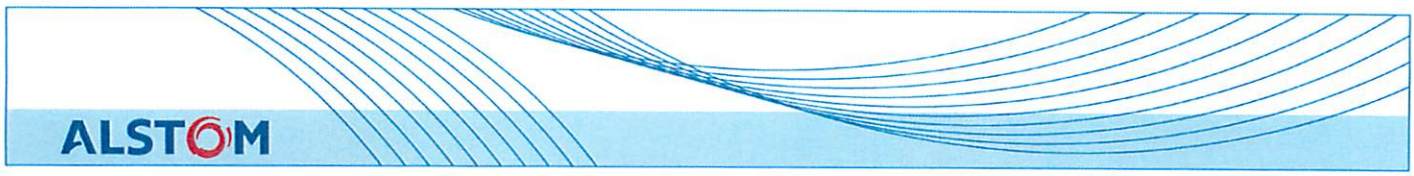
2.12 Normas.

Las normas que se aplicarán al estudio, diseño, fabricación, ensayos y mantenimiento de los trenes serán de carácter internacional de aplicación ferroviaria, el S.T.C., aceptará normas equivalentes a las internacionales aún cuando sean de carácter local, siempre y cuando no involucren equipos que intervienen en la seguridad, las normas propuestas serán previamente puestas a consideración del S.T.C., para su validación y aprobación y estas hayan sido aplicadas con buenos resultados a partes, equipos, sistemas y/o trenes utilizados en alguna red de transporte colectivo ferroviario de pasajeros con una operación comercial mayor a diez (10) años.

2.13 Seguridad.

Todos los carros y sus componentes serán diseñados y construidos de manera tal que una falla de cualquier naturaleza no se traduzca en incidentes que puedan ocasionar la muerte o lesiones de personas y/o ocasione una destrucción parcial o total de equipos o instalaciones del S.T.C..

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.



2.13.1 Clasificación de la Gravedad de los Acontecimientos.

Los acontecimientos se clasifican según la gravedad de las consecuencias y se definen cuatro clases:

- ***Acontecimientos con consecuencias catastróficas.***

Se produce una o varias pérdidas de vidas humanas, heridas o afectaciones graves a la salud de varias personas que por consecuencia, ocasionan una lesión grave o incapacidad permanente y/o se producen daños graves al tren o a su entorno. En este tipo de acontecimientos las personas están expuestas colectivamente.

- ***Acontecimientos con consecuencias críticas.***

Se produce una herida o una afectación a la salud de una persona que le ocasiona una lesión grave o incapacidad permanente. No implica la pérdida de vidas humanas. En este tipo de acontecimientos las personas están expuestas individualmente.

Entran igualmente los acontecimientos cuyas consecuencias ocasionan un daño notable del tren o de su entorno.

- ***Acontecimientos con consecuencias significativas.***

Hay heridas en las personas que no ocasionan lesiones graves ni incapacidad permanente.

- ***Acontecimientos con consecuencias menores.***

No hay personas heridas ni degradación sensible del nivel de seguridad ni daño notable del tren ni de su entorno.

Alstom realizará y entregar al S.T.C en la etapa de revisión de diseño para su análisis, el estudio de seguridad de los trenes a suministrar que considere las definiciones anteriores.

2.13.2 Clasificación de los Equipos.

En la medida en que avance el estudio de seguridad, cada equipo será objeto de una clasificación según la gravedad de las consecuencias ocasionadas por una avería cualquiera en la que pueda estar implicado.

Por lo tanto, esta clasificación de los equipos debe tomar en cuenta combinaciones de averías de equipos diferentes que puedan agravar las consecuencias de una avería aislada. Las clases son las siguientes:

Clase A:	Equipo en el que, al menos, una avería se traduce en un acontecimiento que tiene consecuencias catastróficas.
Clase B:	Equipo en el que, al menos, una avería se traduce en un acontecimiento que tiene consecuencias críticas.
Clase C:	Equipo en el que, al menos, una avería se traduce en un acontecimiento que tiene consecuencias significativas.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

2.13.3 Objetivos Cuantitativos.

De forma general, los dispositivos, órganos o software considerados como de seguridad y sus componentes, serán objeto de procedimientos particulares de aprobación y/o de fabricación para demostrar que cumplen con los niveles de seguridad que a continuación se indican.

Un equipo de clase A debe:

Ser concebido según el concepto de seguridad intrínseca, respecto a la o las averías, que conducen a una combinación de fallas especifica con consecuencias catastróficas, de forma que su contribución a la creación de la misma, sea tal que la probabilidad de ocurrencia de esta combinación de fallas especifica sea inferior a 10^{-9} por hora de funcionamiento y por tren.

Un equipo de clase B debe:

Ser concebido según el concepto de seguridad intrínseca respecto a la o las averías, que conducen a una combinación de fallas especifica con consecuencias críticas, concebido de forma que su contribución a la creación de la misma, sea tal que la probabilidad de ocurrencia de esta combinación de fallas especifica sea inferior a 10^{-7} por hora de funcionamiento y por tren.

Un equipo de clase C debe:

Ser concebido de forma que su contribución a la creación de una combinación de fallas especifica con consecuencias significativas sea tal que la probabilidad de ocurrencia de esta combinación de fallas especifica sea inferior a 10^{-5} por hora de funcionamiento y por tren.

2.13.4 Análisis Preliminar de los Riesgos.

El análisis preliminar de los riesgos tiene por objetivo efectuar la evaluación de los acontecimientos peligrosos y sus causas, lo que permite identificar los equipos del tren potencialmente peligrosos, determinar la gravedad de sus consecuencias y definir las reglas de su concepción y de los procedimientos que permiten eliminar o dominar las situaciones peligrosas y de accidentes potenciales puestos en evidencia de esta forma.

Para la concepción del material rodante, Alstom mediante un enfoque de sistemas, deberá realizar para el tren en su entorno, un estudio de seguridad, con base en el Plano de Seguridad (ver anexo O).

Alstom presentará con el proyecto executivo un estudio detallado que contenga: clase de equipo, equipos incluidos y probabilidad de ocurrencia del riesgo, como una parte del estudio de seguridad denominada "Análisis de Riesgos".

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

2.14 *Mantenibilidad.*

2.14.1 Objetivo.

Con la finalidad de lograr un alto nivel de mantenibilidad del material rodante, la determinación precisa de los procedimientos y de los medios necesarios para el mantenimiento se concebirá desde la etapa de diseño de los trenes, aplicando los siguientes criterios:

2.14.2 Criterios de Mantenibilidad.

La aplicación de los criterios de mantenibilidad que se describen a continuación se efectuarán con base en la misma clasificación de los sistemas que se establecen en el numeral 7.2. *"Fiabilidad"*, considerando la descomposición de estos sistemas en conjuntos, subconjuntos y equipos:

- **Facilidad de detección de las averías**. Esta característica se refiere a la aplicación de medios para la detección de averías, integrados desde la concepción de los trenes.
- **Posibilidad de prueba**. La posibilidad de probar un dispositivo es la capacidad para que sea declarado en buen estado o en falla, dentro de los límites de tiempo especificados, según los procedimientos.
- **Accesibilidad.** Para subsistemas, conjuntos, subconjuntos, equipos o elementos instalados en el material rodante se debe brindar al personal de mantenimiento la posibilidad de manipularlos, para ejecutar con los medios necesarios (herramientas, instrumentos de medición y de control) las pruebas y operaciones que exigen la realización de los mantenimientos preventivo y correctivo. Los dispositivos considerados como menos fiables deben tener la mayor accesibilidad.
- **Intercambiabilidad**. Debe ser posible el reemplazo de un subsistema, conjunto, subconjunto, equipo o elemento del material rodante por un dispositivo similar, sin requerirse de ajustes ni modificaciones.
- **Modularidad.** Debe permitir la integración de un conjunto funcional mediante la combinación de subconjuntos y elementos básicos.
- **Desmontabilidad.** Se caracteriza por la posibilidad de fraccionar un conjunto en subconjuntos y elementos componentes.
- **Detección y regulación de los límites de desgastes.** Es la capacidad para detectar y medir con facilidad el desgaste, sobre todo en elementos mecánicos, así como la posibilidad de restituir a éstos las condiciones de operación establecidas.
- **Facilidad de limpieza.** Es la disposición de los sistemas, subsistemas, equipos y órganos para ser limpiados de manera simple y eficaz, tomando en cuenta los aspectos de duración de la limpieza, costos y seguridad.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

- **Seguridad.** Son las condiciones de diseño de los sistemas, subsistemas, equipos y órganos que permiten al personal realizar las actividades de mantenimiento sin riesgo de accidentes de trabajo.
- **Ergonomía**. El diseño del tren debe permitir que su mantenimiento se realice bajo condiciones adecuadas a la anatomía humana del operario y a sus movimientos.

2.14.3 Maniobras para Mantenimiento y Encarrilamiento.

Los carros permitirán maniobras de levante de cajas y descenso de bogies por los equipos previstos para el taller, y podrán ser desplazados por un puente trasbordador.

Cada carro contará sobre su bastidor con los soportes necesarios que le permitan hacer las maniobras necesarias dentro y fuera de los talleres. Estos soportes podrán ser utilizados para manipular las cajas por medio de una grúa. Se preverá el diseño adecuado para este propósito. El levantamiento de las cajas en el taller de revisión general, se podrá efectuar mediante cuatro dispositivos de levante que se coloquen en placas de apoyo que, para tal efecto, se situarán en los extremos de las traversas principales.

Las operaciones de encarrilamiento, en vías principales o secundarias, se podrán realizar actuando a la vez sobre la caja y los bogies. La caja contará con placas de apoyo dispuestas en los lugares apropiados para realizar este tipo de operaciones utilizando dispositivos de levante entre otros.

Asimismo, tanto la caja como el bastidor del bogie dispondrán de elementos de fijación que permitan levantar simultáneamente ambas partes para facilitar estas maniobras de encarrilamiento, actuando sobre los puntos de apoyo de las cajas.

3 ESPECIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS Y COMPONENTES DE LOS TRENES

3.1 Bogies.

3.1.1 Características generales de los Bogies

Los bogies propuestos serán de diseño ya comprobado en uso, específico para rodadura férrea y estarán de acuerdo con el documento Anexo 1B adjunto.

El diseño de los bogies propuesto cumplirá estrictamente con los requisitos del S.T.C y los indicados en estas especificaciones técnicas y funcionales.

Como requerimientos de diseño, se considerará los siguientes aspectos a título informativo más no limitativo:

- La concepción general de los bogies asegurará una adecuada distribución de los componentes y facilitar las inspecciones y reemplazo de todas las partes.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

- Existirán básicamente dos tipos de bogies: remolque y motriz. Ambos contarán con los equipos de frenado neumático, freno de estacionamiento, ejes de rodadura, suspensión primaria y secundaria, unión caja - bogie, así como dispositivos de retorno de energía y sensores para el sistema de antibloqueo. Adicionalmente, en las motrices se incluirán los motores de tracción, caja de reducción, acoplamientos motor-reductores y sensores de velocidad para el control de patinaje-deslizamiento del equipo de tracción-frenado.

- Los bogies motrices serán bimotores.

- En caso de ser necesario y de acuerdo a las características del pilotaje automático que se determine según el numeral 4.1 *"Pilotaje Automático"* se incluirán dos ejes libres, uno en cada carro remolque, libres de frenado neumático, la instalación de captores y cableado necesarios para la operación de los equipos de pilotaje automático.

- El bogie delantero de los carros con cabina estará equipado con el equipo lubricador de pestaña y contará con un elemento transversal de protección (defensa) que permita expulsar del galibo del tren objetos extraños colocado sobre la parte delantera del bastidor, en cuyos extremos estarán instalados barrepistas.

- El bastidor y demás componentes estructurales del bogie, estarán eficazmente protegidos contra la corrosión, mediante un proceso de recubrimiento adecuado.

- En todas las superficies de montaje de componentes con fijación a base de tornillería o por medio de prensa en frío, en donde las cargas derivadas del servicio pudiesen afectar su fijación, no sé aplicará pintura o productos que generen una capa rígida, empleándose exclusivamente materiales para protección anticorrosiva que serán puestos a consideración del S.T.C. en la etapa de revisión de diseño.

- Bajo cualquier condición de circulación de los trenes o de su mantenimiento, se garantizará el nivel de seguridad establecido en esta especificación, tanto para los usuarios y trabajadores como para los equipos.

- Los bogies se diseñarán para obtener una adecuada estabilidad de marcha, con una correcta rodadura e inscripción en vía y un reducido nivel de ruido y esfuerzos. Así mismo, se garantizará a los usuarios un servicio con niveles de comodidad, de vibración y de ruido, de acuerdo a la norma internacional **ISO 2631** ó equivalente.

- Los bogies se diseñarán garantizando su estanqueidad en el interior del bastidor así como en los componentes del sistema neumático, a fin de evitar la degradación por corrosión y con el mínimo de partes móviles y de elementos sometidos a desgaste.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

- La distribución e instalación de componentes permitirá la verificación, el montaje y el desmontaje de elementos de mantenimiento frecuente, sin necesidad de retirar otros componentes.

- Todos los bogies motores deben ser idénticos, las diferencias que se aceptarán serán únicamente las que de acuerdo a la función de la motriz sean necesarias.

- Todos los bogies remolque deben ser idénticos, las diferencias que se aceptarán serán únicamente las que de acuerdo a la función del remolque sean necesarias.

- Los bogies motores y remolques deben comprender el máximo de órganos comunes, en particular :

    - El bastidor de bogie incluyendo los soportes de los equipos (motor, reductor entre otros), del cableado y de la tubería.
    - Los ejes de rodadura.
    - La suspensión secundaria.
    - Los bloques de frenado.
    - La suspensión primaria.
    - Las uniones mecánicas y neumáticas caja - bogie.

- No se considerará la inclusión de salpicaderas o guardafangos en las ruedas.

- Los componentes del bogie fabricados en acero mediante el proceso de forja cumplirán con la norma de ensayos no destructivos **NF EN 10228 partes 1 a 3, calidad 4, y parte 4 calidad 3** o equivalente.

- Los componentes del bogie fabricados en acero mediante el proceso de fundición cumplirán con las normas técnicas de:

    - Referencias radiográficas para acero fundido **ASTM E 446-84 y E 186-84 nivel 2**, salvo para fisuras, fracturas en caliente e insertos donde no existirán estas discontinuidades, considerando que la calidad radiográfica de las tomas será 2-2T de acuerdo a la guía de pruebas **ASTM E 94,** ó equivalentes.

    - Para discontinuidades superficiales la designación **ASTM A802/A802M nivel 2** ó equivalente, prohibiéndose evidencias de insertos y marcas de remoción por corte térmico.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

- Los componentes de la cadena cinemática considerarán en su diseño la condición de esfuerzos excepcionales altos, por el fenómeno de corto circuito asimétrico del equipo de tracción-frenado.

3.1.2 Criterios de Dimensionamiento.

Las cargas que se tendrán en cuenta como hipótesis para el cálculo serán las estipuladas en el numeral *2.9 "Definición de Peso y Carga para los Cálculos de Desempeño de los Trenes"* Las pruebas de fatiga (estáticas y dinámicas), se realizarán conforme a la norma **UIC 515** ó equivalente, durante la fase de diseño.

Esfuerzos máximos admisibles:

Los cálculos de la estructura de bogie se efectuarán por el método de los elementos finitos bajo tres 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, apegándose a las cargas definidas en el numeral *3.2.2."Estructura de la Caja"*
- Para condiciones de servicio repetitivas que fatigan el material.
- Condición de esfuerzo excepcional, por el fenómeno de corto circuito asimétrico del equipo de tracción frenado.
- Caso el bogie propuesto sea ya de uso comprobado en servicio los calulos y resultados de ensayos ejecutados serán aceptados por el S.T.C.

3.1.3 Bastidor de Bogie.

El bastidor del bogie será de un diseño mecano-soldado que soporte sin deterioro todas las condiciones de operación y cargas previstas en la presente especificación, debiéndose prestar especial atención a los puntos donde se transmiten los mayores esfuerzos generados por la carga, el guiado y las fuerzas de arranque y frenado de los carros, a fin de evitar fallas por fatiga.

Después de acabados los ensambles y antes de la ejecución de los maquinados, el bastidor será sometido a un tratamiento de relevado de esfuerzos, ejecutado conforme a las normas **AWS** o equivalente.

No se aceptaran las perforaciones directas en las paredes del bastidor y de otras piezas de resistencia.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

La geometría del bastidor asegurará un reparto racional de los esfuerzos, en particular en los puntos de unión entre piezas. Se evitarán cambios bruscos de sección que puedan ser origen de concentración de esfuerzos.

Las uniones soldadas y los cartabones de refuerzo tendrán una disposición racional; así mismo se cuidará que el diseño de los elementos pasantes de la estructura del bogie no afecte la resistencia estructural del bastidor.

El bastidor dispondrá en los extremos de los largueros de elementos de amarre para realizar el transporte del bogie en los talleres por medio de un tractor o cabrestante y puntos de apoyo, localizados a fin de evitar deformaciones a la estructura y facilitar el levantamiento del mismo durante las labores de mantenimiento.

Antes de la fase de fabricación, se definirán los parámetros correspondientes a cada una de las soldaduras, debiéndose efectuar probetas de las principales uniones del bogie, a fin de calificar el procedimiento de soldadura mediante ensayos mecánicos y metalúrgicos con base en lo indicado en la especificación y aprobación de procedimientos de soldadura de materiales metálicos **DIN EN 288** o equivalente. Estas probetas se repetirán a requerimiento del S.T.C. en el transcurso de la producción, como comprobación de la uniformidad del proceso.

Sobre el primer bastidor de bogie que se fabrique, se realizarán ensayos extensométricos para verificar los esfuerzos de trabajo correspondientes a las diferentes hipótesis de carga, así como ensayos de fatiga para comprobar su comportamiento, previa autorización del protocolo de prueba por parte del S.T.C. Caso el bogie propuesto sea ya de uso comprobado en servicio los cálculos y resultados de ensayos ejecutados serán aceptados por el S.T.C.

3.1.4 Eje de Rodadura Ensamblado.

El eje de rodadura ensamblado se diseñará para realizar las funciones de sustentación de las cargas, el guiado del tren y la transmisión de los pares de tracción y frenado que se determinen a partir de los requerimientos establecidos en la presente especificación. Cada eje de rodadura ensamblado, para el caso de las motrices, estará equipado con un dispositivo de retorno de energía (escobillas negativas).

- **Caja de Reducción**.

La caja de reducción estará formada esencialmente por un cárter central con tapa de inspección en la parte superior, un reductor de engranes y la suspensión al bastidor del bogie mediante soportes elásticos.

La caja de reducción será concebida para soportar las exigencias de desempeño, propias de aplicaciones ferroviarias. La robustez del cárter, de los rodamientos y el eje de rodadura garantizarán la precisión de operación del engranaje para un funcionamiento silencioso y ausente de vibraciones, por lo que se tomarán las precauciones necesarias en el diseño

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

La reducción será preferentemente de una etapa, aunque se podrá presentar otra opción asegurando el desempeño del tren en el rango de velocidades especificadas, debiéndose justificar en la oferta técnica la elección, indicando la relación de transmisión, el tipo de dentado previsto, el material de los engranes, tratamiento térmico de los mismos y las exigencias de control de calidad.

El soporte elástico amortiguará el peso de la caja de reducción sobre el eje de ruedas, a fin de reducir las fuerzas generadas por la interrelación con la vía, mediante un mecanismo de fácil ajuste de la posición de la suspensión y que también permita la correcta alineación de los ejes del motor y piñón de ataque del reductor.

La caja de reducción dispondrá de los elementos de seguridad necesarios para conservar su posición en caso de falla del soporte elástico.

La verificación del nivel de aceite del tipo sintético, el relleno y cambio del mismo se efectuará de una manera simple y confiable durante las labores de mantenimiento. Se diseñarán los laberintos de rodamientos y seleccionar los retenes apropiadamente para evitar fugas de aceite.

- **Ruedas Metálicas y Ejes de Ruedas.**

Las ruedas serán del tipo monoblock fabricadas en acero de acuerdo a la norma **UIC 812-3** ó equivalente. Con características de diámetro de 840 mm para rueda nueva. Su diseño permitirá múltiples reperfilados para lo cual dispondrá de un sobre-espesor mínimo para desgaste de 35 mm radiales sin que esto afecte las condiciones de servicio.

Se preverán las verificaciones de centrado y balanceo de la rueda, a fin de no transmitir vibraciones al bogie en la gama de velocidades de servicio.

Los ejes serán rectos, de construcción sólida, totalmente maquinados y fabricados en acero forjado, con base en lo establecido en la norma **UIC 811** ó equivalente.

Cada eje dispondrá de zonas rectificadas para alojamiento de ruedas, caja de reducción, dispositivo de conexión a tierra con accesorios, disco de frenado y caja de rodamiento.

El montaje de las ruedas al eje se efectuará mediante prensa y en frío respetando los señalamientos establecidos en la norma **UIC 813-0** o equivalente El desmontaje se realizará por medio de lubricante a presión.

Al inicio de la producción de los ejes de ruedas, se llevarán a cabo las verificaciones y pruebas para la certificación por parte del S.T.C. del proceso de fabricación de acuerdo a los requisitos establecidos en la normatividad citada.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

➢ **Caja de Rodamientos.**

Cada eje estará equipado en sus extremos con una caja de rodamientos tipo cartucho de diseño ferroviario, seleccionado para soportar con amplio margen de capacidad estática y dinámica, las fuerzas longitudinales, verticales y transversales que se trasmiten con respecto a la suspensión primaria. La periodicidad de cambio de rodamientos será como mínimo a 1, 500,000 km.

Para cubrir los requerimientos de aplicaciones específicas a otros sistemas del tren, existirán las siguientes variantes de componentes que se instalarán en la caja de rodamientos, esto a título informativo más no limitativo:

- Retorno de energía o puesta a tierra (solo para el caso de los carros remolque).
- Captor del equipo de control de patinaje-deslizamiento.
- Captor del equipo del sistema antibloqueo.
- Captor del equipo registrador electrónico de eventos (en caso de requerirse).
- Captor del equipo de pilotaje automático (en caso de requerirse).

En caso de no requerirse alguna aplicación se instalará una tapa ciega en la caja de rodamientos correspondiente.

➢ **Montaje de Maza y Disco de Freno.**

La maza del disco de freno se instalará en el eje mediante prensa y en frío. El desmontaje se realizará por medio de lubricante a presión. El disco de freno a instalar en el eje de ruedas será del tipo bipartido lo que permitirá su fácil desmontaje y montaje sin necesidad de desmontar eje alguno de los bastidores del bogie.

➢ **Equipo Lubricador de Pestaña.**

El primer eje de rodadura de cada bogie delantero del carro con cabina estará equipado con un equipo lubricador de pestaña de tipo "stick", de actuación automática. El lubricante sólido será del tipo biodegradable y tener una vida útil de al menos 30,000 Km., garantizando un eficiente desempeño de las ruedas férreas y su contacto con los rieles en los trazos curvos de la línea.

➢ **Montaje del Motor de Tracción.**

El motor se instalará totalmente suspendido con respecto a la suspensión primaria del bogie. El sistema de unión evitará la transmisión de vibraciones al carro y se dispondrá de los elementos necesarios de seguridad, para que en caso de rotura de los sujetadores, se impida que el motor caiga a las vías.

La disposición de los motores en el bogie, será tal que permita realizar fácilmente las operaciones de mantenimiento de estos sin que se requiera desmontar elemento alguno del bogie, accesando desde la fosa.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

- **Acoplamiento Motor - Reductor.**

Este elemento estará situado en la cadena cinemática entre el motor y la caja de reducción y estará diseñado para transmitir la potencia de tracción y frenado, absorber los desalineamientos y desplazamientos relativos entre los ejes del motor y la caja de reducción.

El acoplamiento asegurará un funcionamiento sin deterioro, bajo los esfuerzos y temperaturas máximas de operación. Será un sistema que no transmita vibraciones y de nulo mantenimiento, debiendo estar equilibrado dinámicamente y de fácil instalación y desmontaje.

Se presentará en la etapa de revisión de diseño las características técnicas, cálculos del movimiento relativo de los elementos del acoplamiento para las condiciones normales y limite, derivadas de las deflexiones de la suspensión primaria y del soporte elástico de la caja de reducción, así como los cálculos de fatiga y resultados de las pruebas de fatiga en banco.

- **Eje de Ruedas de Carro Remolque.**

El eje portador de carro remolque es idéntico al eje de ruedas descrito anteriormente prescindiendo de los elementos de transmisión. Estará constituido de un elemento central monoblock de acero forjado totalmente maquinado y provisto de las zonas necesarias para el montaje del disco de freno, la caja de rodamiento, así como de los accesorios de puesta a tierra, del equipo de control de antibloqueo y pilotaje automático.

3.1.5 Suspensión Primaria.

Estará constituida a base de componentes elásticos caucho-acero, libres de mantenimiento y desgaste. Estará diseñada para proporcionar una adecuada inscripción de la rodadura en la vía, así como permitir el cambio rápido y fácil del eje de rodadura ensamblado.

La suspensión será del tipo de campana y tendrá la amortiguación necesaria que permita la operación bajo cualquier condición de circulación y carga, sin producirse vibraciones perjudiciales que pudieran ser origen de fallas por fatiga de los componentes del bogie o causar afectaciones al confort de los pasajeros.

3.1.6 Suspensión Secundaria.

La suspensión de la caja sobre el bogie se realizará por medio de colchones neumáticos con ajuste automático de altura, provisto de amortiguadores verticales y transversales, al que se asociaran bielas de arrastre para transmisión de esfuerzos tractivos y de frenado, que aseguren la estabilidad para todas las condiciones de carga y velocidad, garantizando el confort para los pasajeros.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

Se dispondrá de un control de regulación de presión de alta fiabilidad y escaso mantenimiento, para garantizar que la altura del nivel de piso del carro se mantenga constante bajo cualquier condición de carga.

La suspensión secundaria contará con un control para medición de la carga que retroalimente la señal de peso a los equipos de control de tracción frenado de los carros motrices y antibloqueo de todos los carros para garantizar que los valores de aceleración sean constantes bajo cualquier condición de carga y considerando los requerimientos establecidos en la presente especificación.

Asimismo se dispondrá de un control que mantenga la diferencia de presión de los dos colchones neumáticos de un bogie en un valor tal, que considerando la distribución de pesos se asegure la estabilidad transversal de la caja.

El bogie contará con topes en el sentido de elevación para el caso de hinchamiento de uno de los colchones neumáticos o falla del control de presión.

Se preverá el montaje de amortiguadores hidráulicos de doble accionamiento de tipo ferroviario según norma **NF F 01-411** o equivalente, necesarios para limitar las oscilaciones verticales, transversales y de balanceo, a fin de garantizar las condiciones de confort, seguridad y estabilidad de marcha.

En caso de avería de uno de los colchones de suspensión o en el suministro de aire, se instalarán en su interior dispositivos que permitan al tren terminar su recorrido limitando la velocidad máxima a 50 km/h, sin que se presente una inclinación de la caja, fuera del límite permitido por el gálibo y respetando los requerimientos de seguridad para circulación en vía. Dichas averías se indicarán a través de una señalización en cabina.

Los materiales no metálicos utilizados en la suspensión serán resistentes a los solventes y lubricantes, así como a los agentes contaminantes atmosféricos y de la red neumática. Las labores de mantenimiento sistemático no requerirán el desacoplamiento de la caja del bogie.

Se presentará, durante la fase de revisión de diseño, una descripción completa del funcionamiento de la suspensión secundaria y de los sistemas de control, vigilancia y protecciones, la demostración de que en caso de avería el carro se mantendrá dentro de los gálibos permisibles tanto estática como dinámicamente, así como las maniobras previstas en caso de avería.

Durante la fase de revisión de diseño, se proporcionará los diagramas de flexibilidad vertical y transversal en los distintos estados de carga.

En el primer carro se realizarán los ensayos necesarios para comprobar el sistema de suspensión para el desempeño vertical, transversal y longitudinal del carro.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

3.1.7 Unión Caja - Bogie.

La unión y apoyo de la caja con el bogie garantizará altos niveles de seguridad y un buen desempeño bajo las diversas condiciones a que se verá sometida en operación, permitiendo las labores de mantenimiento sistemático, sin necesidad de levantar la caja.

Por ser la unión caja-bogie un elemento de seguridad, en la etapa de revisión de diseño se presentará los resultados de la prueba de fatiga de operación, que corresponda a las condiciones de operación prevista para la línea 12 o equivalentes, en el que se demuestre que el bogie y su unión con la caja, en todos sus componentes no presentará daño alguno.

Su desensamble, para el desacoplamiento de la caja y el bogie, se podrá realizar sin que exista interferencia con los otros componentes del bogie.

La transmisión de los esfuerzos longitudinales del bogie a la caja se realizará por medio de un sistema de bielas de arrastre que haya sido utilizado satisfactoriamente en otros sistemas ferroviarios, justificando técnicamente su aplicación; de modo que los desplazamientos, las vibraciones y ruidos sean absorbidos por elementos elásticos, evitando su transmisión a la caja. En el sentido transversal se instalarán topes elásticos que impidan el contacto para los límites de desplazamiento de la viga o del pivote con el bogie, según sea el caso.

Se entregará, en la etapa de revisión de diseño, el cálculo definitivo y el protocolo de pruebas de fatiga del elemento de unión caja bogie y de los elementos de empuje.

3.1.8 Sistema de Frenado Neumático.

La lógica de funcionamiento del sistema de freno neumático cumplirá las condiciones que se indican en el numeral *2.10 "Desempeño de los Trenes" y 3.4 "Sistema de Tracción-Frenado".*

El frenado neumático se realizará por la acción de guarniciones actuando sobre discos de frenado. Las guarniciones serán operadas por bloques de freno neumáticos de transmisión directa (con mecanismo multiplicador integrado al bloque) que incluyan un regulador de holguras entre el disco y la guarnición por desgaste de la misma.

Las guarniciones serán de un material apropiado que asegure un coeficiente de fricción uniforme en toda la gama de frenado de los carros. No contendrá elementos contaminantes como: asbesto, zinc o plomo y sus características serán aprobadas por el S.T.C. durante la fase de revisión de diseño.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

El disco de frenado será bipartido y se diseñará para permitir un desgaste máximo de 12 mm por cara de rozamiento.

Cada disco de frenado estará equipado con un bloque de freno de un tipo compacto que permita un fácil reemplazo de guarniciones. El control de la presión de los bloques de freno será asegurado por una unidad neumática de frenado en cada carro.

Cada unidad neumática de frenado estará integrada en un panel neumático sobre el cual se agrupará el conjunto de los órganos necesarios para el mando del frenado de servicio, de urgencia y de estacionamiento. Así mismo se dispondrá de un depósito auxiliar que permita asegurar por lo menos dos frenados de urgencia en caso de avería del sistema de generación de aire comprimido. Se preverá válvulas de aislamiento del frenado neumático, de operación manual por ambos lados de los carros, y las señalizaciones de advertencia correspondientes en cabina.

Los intervalos de revisión general que tendrán los componentes neumáticos no serán inferiores a 750,000 km.

3.1.9 Freno de Estacionamiento.

Los bogies estarán provistos de freno de estacionamiento del tipo de resorte acumulador. Su actuación se efectuará relevando el aire comprimido de la cámara que mantiene retenido al muelle, con lo que éste se libera.

El freno de estacionamiento estará incorporado en los bloques de freno, la cantidad de estas unidades que se utilicen en cada carro será la requerida para cumplir las exigencias incluidas en la presente especificación. Se presentará durante la fase de revisión de diseño, el cálculo final, de acuerdo con el número de unidades de frenado que proponga.

La aplicación de este tipo de freno será automática con base en la disminución de la presión de aire en el conducto de equilibrio, de tal forma que cuando ésta sea menor o igual a 4.0 bar se accione el freno de estacionamiento. Esto en forma independiente de que sea ordenada por el conductor desde la cabina mediante un conmutador de mando eléctrico. El sistema contará, además, con un accionamiento manual para su anulación, fácilmente accesible desde ambos costados de cada carro.

En caso de tener aplicado el freno de estacionamiento en uno o más carros, se inhibirá la tracción del tren. Además, a una presión mayor de 4 bar en el conducto de equilibrio y una velocidad mayor a 6 km/h no se activará el freno de estacionamiento con el conmutador manual de la cabina de conducción aunque este sea comandado por el conductor. El diseño del interruptor de freno de estacionamiento impedirá su accionamiento accidental.

Se preverá una señalización local y en cabina, cuando el freno de estacionamiento esté aplicado.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

3.1.10 Órganos Diversos.

- Las tuberías a instalar y sus conexiones serán fabricadas en acero inoxidable y sus conexiones serán de un material inoxidable y de sección suficiente para los flujos y presiones requeridas. Las conexiones serán del tipo de anillo integrado a la tuerca e incrustable en el tubo. La tubería será del tipo sin costura.

- La instalación de las mangueras de unión respetará los radios mínimos de curvatura, considerando el movimiento relativo entre sus extremos. Los materiales serán resistentes a los aceites, solventes y agentes atmosféricos. La unión de mangueras entre caja y bogie será segura y de conexión roscada.

- Para asegurar que no existan daños en los elementos de sujeción de los distintos equipos de la caja y del bogie debido al paso de corriente, se instalarán trenzas conductoras suficientes entre la caja-bogie, caja-cofres, bogie-motores, entre otros, para asegurar su eficiente y correcta puesta a tierra.

- Todos los órganos involucrados para la medición del peso, válvulas, tuberías y depósitos, atendrán a las normas internacionales aplicables y estar perfectamente identificados.

3.1.11 Requerimientos Generales

Se presentará, en la fase de revisión de diseño, la documentación y los cálculos definitivos correspondientes a:

- Planos y descripción del bogie y de sus componentes.

- Cálculos del comportamiento dinámico del bogie (aceleraciones, desplazamientos, fuerzas transversales, cargas de impacto por aparatos de vía, entre otras) bajo las diversas condiciones de carga y circulación en vías principales y secundarias.

- Simulaciones de prueba de distribución del par motor y temperatura del reductor, para las máximas diferencias de diámetro de ruedas entre ejes y patinaje.

- Simulaciones de prueba de vibración para diversas condiciones de circulación y carga.

- Cálculo o simulaciones de esfuerzos del bastidor de bogie (incluyendo soportes de bloques de frenado, suspensión primaria y secundaria, caja de reducción, unión caja bogie y traversa motor) incluyendo la condición excepcional de corto circuito asimétrico en los motores de tracción y se considerará toda posibilidad de falla en el circuito de potencia.

- Cálculo de la caja de reducción (incluyendo acoplamiento motor reductor).

- Cálculo del freno de servicio y de estacionamiento.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

ALSTOM

3.2 *Caja.*

Las cajas serán diseñadas para las condiciones de servicio establecidas en la presente especificación, garantizando una vida útil superior a 4,500,000 km, durante el cual ningún elemento de la estructura presentará deformación permanente, o degradación que afecte la integridad estructural de la caja debido a fisuras por fatiga, o por corrosión del material bajo las condiciones de operación del metro de la Ciudad de México. Su construcción, la selección de los materiales así como los acabados y recubrimientos empleados resultarán en un diseño moderno, funcional, con una elevada resistencia comprobada al vandalismo y a la intemperie.

El material utilizado en los perfiles estructurales y perfiles para la fabricación de las cajas será acero inoxidable austenitico que cumplan con los requerimientos de resistencia mecánica, fatiga y vida útil establecidas en la especificación del S.T.C.

Las cajas serán proyectadas, de modo que proporcionen la mayor protección al personal de conducción y pasajeros en caso de accidente, especialmente en colisión frontal, considerando para ambos una carga normal del tren, para lo cual estarán equipadas con un sistema de absorción de energía y de antitrepamiento (anticlimber) el cual garantirá que en un impacto de hasta 10 km/h no habrá daños en la estructura de la caja, y que para un impacto a velocidades de hasta 25 Km/h los daños a la estructura de la caja serán tales que no afectarán significativamente la integridad del salón de pasajeros eliminando el riesgo de lesiones graves a los pasajeros, así como el riesgo que representa el que un carro penetre en otro carro durante la fase de compresión.

Las partes de la caja que se serán sometidas a mayores esfuerzos, como las cabezas del bastidor, entre otras, podrán ser en acero al carbón, para construcción metálica con resistencia mejorada a la corrosión atmosférica de soldabilidad garantizada según norma **UNE EN 10155** o equivalente de la ASTM.

Los aceros empleados en la construcción de las cajas estará de acuerdo con el Anexo 1J adjunto.

Los cálculos estructurales de las cajas estarán de acuerdo con el Anexo 1K adjunto.

En todas aquellas zonas donde el agua, el polvo o la basura puedan penetrar, contará, de ser necesario con protecciones anticorrosivas, así como con dispositivos eficaces de evacuación, cuidando de que no se afecte la estanqueidad de los cofres y equipos bajo bastidor. Además, se dispondrá de un zoclo abatible con cerradura de llave de triángulo, localizado en la zona de alojamiento de las puertas.

La disposición de los equipos instalados en las cajas será estudiada, de forma tal que las cargas sobre los bogies sean del mismo orden, tomando en cuenta las diversas condiciones de carga y circulación.

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

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

entre carros por medio de pasillos de ínter circulación para permitir el paso de los usuarios a lo largo de todo el tren, con un diseño que garantice la seguridad y confort de los mismos a su paso o estancia en éste.

Dadas las características de operación, con recorridos relativamente reducidos y corta permanencia del pasajero dentro del tren, se adoptará la disposición de asientos longitudinales, lo que posibilitará una circulación fluida, así como una rápida evacuación en caso de emergencia.

Los materiales de construcción de los interiores de la caja, cabina y pupitre de conducción, así como el equipamiento al alcance de los usuarios, se diseñarán contra vandalismo, graffiti, scrash y cumplir con las especificaciones de resistencia al fuego, baja emisión de humos y compuestos tóxicos según la norma **NF F 16-101, categoría A1**, o equivalente, así como garantizar la integridad de la estructura bajo condiciones de fuego para salvaguardar la seguridad del personal de operación y de los pasajeros durante el desalojo de los carros.

Los componentes serán diseñados con 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, la estructura y los revestimientos. Para los elementos auxiliares y de vestidura, tales como: ventanas, asientos, ornamentos, aparatos de alumbrado, equipos del sistema de ventilación y puertas, la unificación será total garantizarndo su íntercambiabilidad.

La calificación del procedimiento de soldadura y de los operarios será según las normas **DIN EN 288,** ó equivalentes de **AWS**.

Las partes de la estructura que requerirán una atención particular en el momento del diseño serán: el subensamble de la unión caja - bogie, las extremidades del bastidor que alojarán los enganches, los claros de los costados para alojamiento de puertas y los puntos de fijación bajo bastidor de los equipos pesados o que producen vibraciones.

Las cajas contarán con los elementos necesarios de apoyo o amarre para las maniobras de mantenimiento o en caso de encarrilamiento. Los puntos donde se ubiquen estos elementos serán cuidadosamente estudiados en el cálculo de resistencia de la estructura, para evitar deformaciones permanentes o esfuerzos excesivos bajo cualquier condición de levante.

El compartimiento de pasajeros y la cabina de conducción serán confortables, tanto en la decoración interior como en la exterior, se aplicarán diseño que proyecten una imagen de vanguardia y modernidad, utilizando materiales de fácil limpieza.

Las tuberías a instalar y sus conexiones serán fabricadas en acero inoxidable y sus conexiones serán de un material inoxidable y de sección suficiente para los flujos y presiones requeridas. Las conexiones serán del tipo de anillo integrado a la tuerca e incrustable en el tubo. La tubería será del tipo sin costura.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

3.2.1 Tipos de Cajas.

Las cajas serán de dos tipos: caja de carro Remolque con cabina de conducción (Rc) y caja de carro Motor intermedio (M). Estas cajas presentarán la misma concepción y no diferirán más que por el alargamiento para el espacio de la cabina. Ésta se encontrará separada del compartimiento de pasajeros por un cancel transversal.

3.2.2 Estructura de la Caja.

- **Generalidades.**

El proyecto y la fabricación de la estructura asegurará que durante por lo menos 30 años (4,500,000 km), la misma no sufrirá deformación permanente bajo el efecto de cargas excepcionales (correspondientes a las condiciones máximas de carga de usuarios y compresión en los extremos de la caja), simples o combinadas y que no se produzca ruptura por fatiga bajo el efecto de las cargas de servicio.

La caja no sufrirá daños ante colisiones a velocidades hasta de 10 km/h, ni por el levante por maniobras de encarrilamiento.

Además, la flexión tomada por la caja bajo el efecto de las cargas a las que estará sometida, garantizará la seguridad bajo cualquier condición de circulación y en ningún caso afectará el funcionamiento de las puertas. El espectro de frecuencias propias de la caja, será tal que no exista riesgo de resonancia con los rangos de frecuencia de las suspensiones y de los equipos embarcados.

- **Resistencia.**

Para las cargas definidas en la presente especificación, será presentada en la fase de revisión de diseño una memoria de cálculo de resistencia de los materiales de la caja, según el método de los elementos finitos, y además, se incluirán los cálculos de análisis de esfuerzo - deformación de la estructura de la caja, frecuencia natural de vibración de la misma en los modos principales, documentos que demuestren la adecuada resistencia a la corrosión, así como los dibujos de las estructuras de los tipos de cajas propuestos, todo lo anterior considerando los siguientes aspectos:

- Para cada registro de esfuerzos, se tomarán 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 normales.

- Se suministrará un análisis vibratorio del conjunto de la estructura del carro, con indicaciones de los valores de las frecuencias propias, así como sus deformaciones dinámicas asociadas.

- Se determinará por simulación numérica los modos de oscilación de la estructura de la caja completa en vacío y con carga.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

- Será necesario garantizar que existe al menos 1 Hz. de desacoplamiento entre estos valores calculados y la frecuencia alta y baja de excitación del bogie.

- Se suministrarán los cálculos relativos a los choques, cuando se produce una colisión de tren contra tren a 10 km/h y carga nominal del tren.

- Pruebas de resistencia a la corrosión de los materiales y recubrimientos que conforman la caja.

Esta información será entregada previo a la aplicación de las pruebas correspondientes.

Las cargas que se tendrán en cuenta como hipótesis para el cálculo, serán las estipuladas en el punto correspondiente. Los ensayos estáticos y dinámicos posteriores se realizarán conforme a las normas contenidas en el documento EN 12663, en lo referente a cajas en acero inoxidable austenitico.

La primera caja en blanco será sometida a un ensayo de extensometría para confirmar la resistencia a la deformación de la estructura del diseño de la caja bajo diferentes condiciones de carga, según Anexo 1K adjunto.

Para efectos de fatiga, se considerará el peso de un carro con carga normal + 20%.

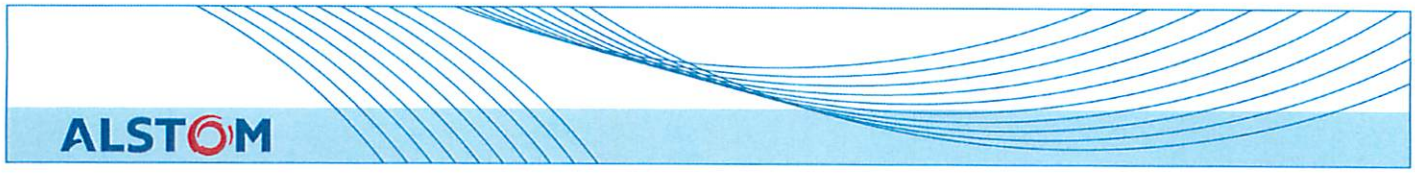
A fin de garantizar una protección eficaz a los pasajeros, en caso de choques que se produjeran entre trenes o entre tren y un objeto fijo, y a fin de brindar la mayor protección posible para el personal de conducción en el caso específico de una colisión frontal, el diseño de los carros presentará una resistencia a la compresión, calculada que asegure una deformación progresiva tal que permita disipar la mayor cantidad de energía de un choque en los órganos de unión y de tope.

Cuando se produce una colisión en alineación recta entre dos trenes, uno de los cuales se encuentra estacionado y frenado, con carga similar, se preverán los dispositivos elásticos instalados en los carros de cada uno de los trenes que preserven las estructuras de las cajas de todo daño en el caso de choque a una velocidad hasta de 10 km/h, los elementos absorbedores de energía serán de tipo autorregenerable.

El levante de la caja completa en vacío empleando dispositivos para tal efecto, podrá efectuarse utilizando puntos de apoyo de levantamiento previstos en la estructura de la caja para este fin. En la etapa de revisión de diseño se determinará la ubicación y cantidad de puntos de apoyo por lado.

Se podrá levantar la caja en vacío por un extremo; descansando en el extremo del bogie opuesto. El bogie del lado levantado permanecerá unido a la caja por el dispositivo previsto para este efecto.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.



➢ **Bastidor.**

Los puntos de fijación de todos los equipos bajo bastidor y cofres, así como del cableado y tubería neumática se fijaran a la estructura mediante soldadura. Los soportes de los equipos de tracción frenado, moto-compresor, convertidor estático, unidad neumática de frenado y banco de baterías entre otros, así como los diversos cofres que se instalen, estarán ampliamente dimensionados para evitar toda fisura y su montaje se efectuará en seguridad, es decir, los soportes de los equipos se apoyarán en las ménsulas dispuestas en los largueros y traveseros del bastidor de la caja para que los elementos de suspensión y fijación no trabajen en tensión. Se prohíbe barrenar cualquier zona del bastidor.

Los carros podrán ser levantados mediante una grúa, para lo cual se preverán los aditamentos necesarios para el levantamiento en los lugares adecuados, así como bulones de izado en cada ángulo del bastidor de caja, para servir de punto de apoyo a ser utilizado en caso de maniobras o encarrilamientos. Será posible desacoplar eléctrica y mecánicamente un sólo bogie y levantar ese extremo de la caja sin que se requiera el desacoplamiento de las uniones del bogie opuesto. Al efectuar esta operación, no aparecerá ninguna deformación en la caja.

➢ **Cofres Laterales**

Los cofres serán fabricados con materiales resistentes a la corrosión. Sus puertas y cerraduras serán fáciles de maniobrar mediante un sistema de llaves, provistas de juntas de estanqueidad e indicadores de cerrado y abierto respectivamente. Las puertas permitirán total acceso a los componentes para su montaje y reemplazo por los costados del carro debiendo cumplir los requisitos en cuanto a mantenibilidad establecidos en esta especificación, y en todos los casos se garantizará su hermeticidad al agua y al polvo, el grado de protección será conforme a la norma **IEC 60529**, **61133** o equivalente, este grado de protección será puesto a consideración del S.T.C.

Todas las tapas laterales bajo bastidor del tren preverán la apertura fácil y segura para permitir el abatimiento total de la tapa para evitar que obstruya las labores de mantenimiento. Todas las tapas de los cofres bajo bastidor serán metálicas y la robustez requerida para esta función. Como opción se podrá proponer un diseño diferente siempre y cuando cumpla con los requerimientos de seguridad, estanqueidad, inmunidad electromagnética y mantenibilidad antes citados. Se entregará durante la fase de diseño del proyecto las características de los cofres y sus tapas, para su aprobación por parte del S.T.C.

3.2.3 Enganches y Pasillo de Intercirculación.

Los enganches serán de tipo ya consagrado en uso dimensionados para soportar los esfuerzos generados bajo condiciones normales y excepcionales, tales como maniobras de socorro - descompostura, carros inactivos a la tracción y/o frenado entre otras, debiendo resistir esfuerzos longitudinales de compresión y tensión conforme a lo estipulado en el numeral *3.2.2 "Estructura de la Caja"*. La fabricación de las semibarras de choque-tracción será mediante el proceso de forja, conforme a la norma **NF-F-10-420** "Organes d´attelage de traction et d´entrainement pour materiel moteur et remorque" o norma **UIC** equivalente

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

Los enganches extremos y intermedios atendrán al Anexo 1G adjunto.
Además, dispondrán de los dispositivos necesarios para impedir que se produzcan desacoplamientos intempestivos de las unidades bajo cualquier condición de circulación y carga. Se garantizará una vida útil de los elementos de amortiguamiento y de desgaste de al menos 1, 000,000 km.

Los enganches extremos estarán equipados de un sistema de guiado y sustentación que asegure el autocentrado vertical y horizontal. La conexión neumática del conducto de equilibrio se realizará en forma automática a través de válvulas. El acoplamiento eléctrico estará dispuesto en una caja de contactos, localizada en la parte superior del enganche, para una conexión automática que garantice la continuidad de los circuitos de seguridad y de frenado para el caso de la maniobra socorro-descompostura. Existirá un dispositivo que permita de una manera sencilla y rápida deshabilitar el acoplamiento eléctrico automático en caso de que la maniobra de socorro-descompostura así lo requiera.

Los enganches intermedios serán compatibles con los requerimientos de los pasillos de intercirculación entre carros.

Las labores de mantenimiento para los enganches seran simples y el período para mantenimiento mayor será de 750,000 km. habrá dos tipos de enganches: de tipo semibarra con cabeza para acoplamiento semiautomático para la parte delantera de los carros con cabina de conducción y enganches del tipo semibarra permanente para los carros intermedios.

Serán presentados, en la fase de revisión de diseño, los cálculos y diagramas definitivos así como los cálculos de comportamiento de los enganches al choque del tren hasta una velocidad de 10km/h a carga nominal.

- **Enganches Extremos.**

Se instalarán enganches que permitan el socorro de un tren a otro tren; realizando el acoplamiento mecánico, neumático y eléctrico (este último contará además con la opción de accionamiento manual), bajo las siguientes condiciones:

El acoplamiento se efectuará con un tren detenido y el otro a una velocidad inferior a 5 km/h cada enganche contará con un indicador externo que confirme que el acoplamiento es efectivo. El desacoplamiento se efectuará a través de una palanca de accionamiento simple y fácil. Las maniobras anteriores podrán realizarse en las condiciones del trazo de vías definidas en esta especificación.

En el acoplamiento entre dos trenes, en una maniobra de socorro, es necesario asegurar la continuidad de los circuitos de seguridad y del mando de frenado por medio de las cajas de contactos eléctricos de baja tensión de los enganches.

- **Enganches Intermedios**.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

Estos unirán mecánica y neumáticamente a los carros, bajo las siguientes condiciones: el acoplamiento se realizará con los carros detenidos.

El acoplamiento mecánico se diseñará como una unión bridada por semiacopladores, que incluye la unión mecánica, conexión neumática y los circuitos eléctricos de seguridad que confirmen el correcto acoplamiento entre los carros.

Las características de los enganches y la sujeción de los mismos bajo bastidor garantizarán el cumplimiento de los requerimientos de resistencia mecánica antes mencionados.

La capacidad de absorción de energía del amortiguador será tal que permita la absorción de energía generada bajo todas las condiciones normales de circulación y de carga, así como las excepcionales.

- **Pasillo de Intercirculación.**

Este pasillo permitirá el paso de los pasajeros de un carro a otro, o su estadía, brindándoles, al mismo tiempo, un alto nivel de comodidad y de seguridad. El ancho del paso será como mínimo de 1,400 mm, la altura mínima de 1,900 mm y el largo de 900 mm – 1,000 mm, conforme a lo estipulado en el numeral *2.9 "Definición de Peso y Carga para los Cálculos del Desempeño de los Trenes"*, el diseño permitirá la libre circulación del tren por vía principal y secundaria, considerando la curva de radio mínimo, sin que presenten fallas en sus componentes o problemas por fatiga.

Se garantizará la hermeticidad de los pasillos para evitar la entrada del polvo y agua en todo su contorno con la caja.

El pasillo de intercirculación estará de acuerdo con el Anexo 1H.

El pasillo tolerará las diferencias de altura del suelo de los carros según su estado de carga, el estado de las suspensiones, el desgaste de ruedas. En el pasillo no se aceptarán escalones o desniveles al pasar de un carro a otro.

La configuración del pasillo será empleando un piso rígido, configurado con el menor número de elementos con movimiento relativo que permita el paso en un plano prácticamente horizontal para evitar el riesgo de accidente o daños a los pasajeros.

Al interior del carro se dispondrán revestimientos en paredes y techo que protejan al fuelle contra vandalismo.

La unión del pasillo a los frentes del carro se efectuará mediante marcos atornillables con sello de hule integrado que no requiera la aplicación de productos de sellado adicional. Se dispondrán soportes en la parte superior para carga del pasillo durante su desacoplamiento en las labores de mantenimiento. Todos los elementos metálicos que se consideren en el diseño del pasillo, incluyendo la tornillería serán de acero inoxidable.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

Los pasillos respetarán los criterios de estanqueidad del tren en su conjunto. Los componentes deben satisfacer la norma **NF F 16-101**, **categoría A1** o equivalente, respecto a la resistencia al fuego y emisión de humos de los materiales utilizados. En el diseño del pasillo se preverá el desacoplamiento entre carros, para efectos de mantenimiento o maniobras de encarrilamiento.

3.2.4 Puertas.

Se tendrán tres tipos de puertas: de acceso al salón de pasajeros, de acceso a la cabina de conducción y de cabina al carro (numeral *3.3.3 "Puertas de acceso a cabina")*. Las puertas estarán constituidas con base en una estructura metálica revestida con lámina de acero inoxidable sin recubrimiento de pintura y reforzadas interiormente, debiendo estar diseñadas para resistir una carga de 100 daN, aplicada en sentido transversal al plano de la hoja, en un área de 0.02 m^2 sin que se presente deformación alguna.

Los carros con cabina de conducción contarán con:

- Cuatro puertas de acceso a salón de pasajeros por lado.
- Dos puertas de acceso a cabina.
- Una puerta de intercirculación cabina a salón de pasajeros.

Los carros sin cabina contarán con:

- Cuatro puertas de acceso a salón de pasajeros por lado.

El sistema de accionamiento de puertas de acceso a salón de pasajeros será del tipo eléctrico y considerará entre otros, los siguientes requerimientos mínimos:

- Unidad electrónica de control.
- Motor eléctrico.
- Sistema de desenclavamiento manual interior.
- Sistema de desenclavamiento manual exterior (primera puerta delantera de cada lado por carro).
- Interruptores de señalización.

Las puertas dispondrán de cristales de seguridad templados, de al menos 6 mm de espesor, con un sistema de fijación que garantice su estanqueidad, su diseño debe resistir un empuje transversal de al menos 350 daN aplicado en un área de 0.02 m^2. Los cristales cumplirán con las características indicadas en la norma **SNCF ST-250** ó equivalente, además contarán con película antiscratch tricapa por la cara interna conforme a la normatividad ferroviaria vigente. Estarán clasificados en la categoría de productos ignífugos y no propagadores de

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

humo, correspondiente a la norma **NF F 16-101, categoría A1.** Los elastómeros con las normas **ASTM D-2000** ó equivalente.

- **Puertas de acceso al salón de pasajeros.**

Las puertas serán del tipo deslizante interior eléctricas de doble hoja, operadas por mecanismos eléctricos. La cantidad de puertas por cada costado será de cuatro.

Cada puerta estará compuesta de dos hojas formadas por un panel exterior y otro interior, en lámina de acero inoxidable AISI 304 grano 220 de por lo menos 1mm de espesor sin recubrimiento de pintura, y reforzadas interiormente (la caja formada será inyectada de espuma expandible de poliuretano de calidad no combustible o auto extinguible rígida según norma **UNE 53127**, con una densidad de 100-120 kg/m^3 ó un material equivalente). Los refuerzos interiores serán de acero bicromatado.

Estarán enmarcadas por una armadura sólida de perfiles de aluminio extruidos, aleación 6060 T5, anodizado color natural.

La corredera inferior de las puertas será diseñada de tal manera que no permita la acumulación de basura y objetos, que pudieran obstaculizar la libre apertura y cierre de las puertas.

Se utilizarán componentes de accionamiento, mando y control de tecnología moderna, que cumplan con los requerimientos de operación, vida útil, fiabilidad y mínimo mantenimiento.

La distribución de las puertas de los carros equilibrará el flujo de pasajeros a desalojar por cada una de ellas. La apertura y cierre de ambas hojas será en forma simultánea. Las dimensiones mínimas de las puertas serán de 1,850 mm de altura por 1,300 mm de ancho libre, Alstom podrá proponer dimensiones distintas justificando su propuesta de acuerdo a la normatividad de aplicación ferroviaria para la movilidad de usuarios en el ascenso y descenso.

Será presentado, en la fase de revisión de diseño el estudio preliminar de movilidad de usuarios en el ascenso y descenso, de acuerdo a la propuesta presentada y a la normatividad ferroviaria aplicable.

Además, cada hoja contará con hules, colocados sobre uno de los cantos para protección a usuarios y estanqueidad. El sistema de fijación soportará condiciones de uso rudo.

El mecanismo de suspensión y conjugación de las puertas tendrá el mínimo de partes sujetas a desgaste. Los períodos mínimos entre mantenimientos para lubricación y limpieza serán de 150,000 km y el periodo mínimo entre cada mantenimiento mayor será de 750,000 km. En el interior del carro a la altura de los mecanismos de puertas se instalarán dovelas que permitan su mantenimiento.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

Los componentes del sistema de puertas garantizarán una vida útil superior a 4, 500,000 km, y para el mecanismo de suspensión y conjugación se considera una vida útil de 2, 500,000 km. El mando de las puertas se efectuará por el conductor desde la cabina. Los mandos de anuncio de partida y cierre de puertas (se instalarán de tal manera que permitan al conductor vigilar el acceso de los usuarios) estarán ubicados en cada extremo del pupitre de conducción y a ambos lados del tabique de cabina. Así mismo los mandos de apertura y anulación se instalarán a ambos lados del pupitre de conducción.

El cierre de las puertas de acceso cumplirá con las condiciones siguientes:

- El tiempo entre el mando y el cierre total será entre 2.5 a 3 segundos, permitiéndose el ajuste de la velocidad. Antes del final de la carrera se tendrá un segundo paso que evite daños al usuario.

- El esfuerzo longitudinal a aplicar sobre una hoja, para impedir su cierre, será de cuando menos 45 daN.

- El tiempo de apertura entre el mando y la apertura total será de 2 a 2.5 segundos, permitiéndose el ajuste de la velocidad al final de la carrera que evite daños al equipo.

- Cuando las puertas estén libres (sin alimentación), se podrán mover manualmente aplicando una fuerza longitudinal inferior a 10 daN.

- El cierre de puertas funcionará normalmente aún cuando se aplique desde el interior del carro una fuerza de 30 daN en forma transversal a la hoja. Una vez obtenido el cierre total de las puertas se accionará automáticamente un enclavamiento mecánico que asegure el cierre. El enclavamiento al cierre se liberará al comando de apertura de puertas desde cabina o de manera local mediante cerradura dispuesta al interior del compartimiento de acceso exclusivo para el personal autorizado.

- El mecanismo de las puertas será accionado por un motor eléctrico alimentado con corriente continua.

- El motor contará con una toma eléctrica que permita su conexión rápida para el desarrollo de los trabajos de mantenimiento.

- El control de los circuitos y los motores de puertas atendrán las siguientes características:

  - Establecer comunicación con el sistema de informática embarcada.
  - Almacenar información del funcionamiento de cada una de las puertas.
  - Estar protegido contra cualquier tipo de disturbio eléctrico y magnético.
  - Ser hermético, a prueba de agua y contaminantes.
  - Sus conectores, puertos y demás componentes serán a prueba de vibraciones.
  - Contará con los sensores indispensables para monitorear el estado de apertura y cierre de cada una de las puertas, los cuales serán confiables, diseñados en seguridad, libres de mantenimiento, del tipo magnético o similar e inmunes a la suciedad.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

- Dispondrá de las protecciones necesarias contra cortocircuito, sobre tensión e inversión de polaridad.

- El equipo de control de puertas garantizará, bajo cualquier circunstancia, la seguridad de los pasajeros, para lo cual:

  - El sistema contará con un mecanismo de enclavamiento que en condiciones normales solo podrá ser desenclavado cuando las seguridades del pilotaje automático (ATO-ATP) lo permitan y sea comandada la apertura por el conductor. En caso de falla, el sistema contará con un mecanismo alternativo de enclavamiento y desenclavamiento de accionamiento manual, por puerta que podrá ser accionado desde el interior por personal autorizado, señalizándose en el monitor de cabina de conducción. Para el desenclavamiento exterior solo se podrá realizar desde la primera puerta delantera de cada lado del carro.

  - En caso de que por algún motivo se abra alguna puerta, parcial o totalmente, después de obtener la autorización de partida por cierre de puertas, se aplicará el freno de emergencia automáticamente (señalizándose en el monitor de cabina de condición).

  - En caso de falla del control central de cabina, las puertas de acceso al salón de pasajeros permanecerán con enclavamiento y se preverá un sistema alternativo en seguridad que permita la apertura de puertas, a fin de que el tren pueda continuar el servicio.

  - En el exterior de cada carro existirá una señalización luminosa perfectamente visible para el conductor que indique el estado de apertura y cierre de las puertas, con puertas abiertas lámpara encendida y con puertas cerradas lámpara apagada.

  - La información de enclavamiento de cierre será cuando todas las puertas del tren estén cerradas y no exista alguna con separación entre hojas mayores a 5 mm. Al obtenerse el enclavamiento de cierre de puertas en servicio normal, para autorizar la salida y circulación del tren, existirá una señalización luminosa y acústica (monogolpe) en la cabina que le confirme al conductor la condición de todas las puertas del tren cerradas y enclavadas.

  - La orden de apertura podrá mandarse a partir de la velocidad decreciente de 10 Km/h (preparación de apertura) ejecutándose la apertura a una velocidad inferior de 3 Km/h. En el modo de conducción PA y CMC, además de la condición anterior, el tren se encontrará en la zona de apertura y haber validado el costado de servicio por el sistema de Pilotaje Automático.

  - Si algún usuario acciona un conmutador de emergencia en estación o al salir de ésta y la velocidad del tren es inferior a 35 Km /h, se aplicará el freno de urgencia. Si la velocidad es mayor, el tren continuará su marcha hasta la siguiente estación, en donde el conductor al comandar la apertura de puertas permitirá el bloqueo del tren. El accionamiento del conmutador se indicará en forma

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

acústica en la cabina, además se señalizará en el monitor de cabina el carro donde fue accionado dicho conmutador, así mismo en cada carro existirá en el exterior una señalización luminosa perfectamente visible para el conductor que indique el carro donde fue accionado. Además de lo anterior se activará de forma automática y presentar en la pantalla del sistema de videovigilancia de la cabina las imágenes del interior del carro.

- En caso de avería del mecanismo de accionamiento de una puerta se podrá asegurar su cierre por medio de la llave de triángulo por el personal autorizado y continuar el servicio normal en las puertas restantes.

- Se colocarán unas lámparas en el interior de los carros para anunciar el cierre de puertas a los pasajeros con discapacidad auditiva. Estas lámparas estarán ubicadas en la parte central superior de cada puerta y encenderán en forma intermitente cuando sea anunciado el cierre de puertas. El color y la ubicación de las lámparas serán acordados entre Alstom y el S.T.C. durante la fase de revisión de diseño.

- En caso de tener un obstáculo al cierre de puertas, se mantendrá una fuerza de 450 N durante un tiempo programable (5 a 20 seg.), tras lo cual se tendrá una reapertura de 200 mm. aproximadamente, enseguida la puerta cerrara de forma automática y en caso de seguir el obstáculo se mantendrá la fuerza de cierre por un tiempo programable (5 a 30 seg.), se mandará automáticamente por medio de la megafonía un mensaje pregrabado "PERMITA EL LIBRE CIERRE DE PUERTAS" y al conductor por medio de la informática embarcada de la existencia de obstáculos en alguna o algunas puertas y le indicará la posición de la puerta o las puertas obstruidas, así mismo se comandará automáticamente la apertura de las puertas obstruidas.

- El diseño del sistema de puertas no permitirá que los usuarios puedan introducir las manos u objetos que afecten la integridad física de los mismos o la operación del sistema, durante la apertura o cierre de las puertas.

Será presentado en la fase de revisión de diseño la descripción detallada del sistema de puertas.

Los alojamientos de los mecanismos del sistema de puertas serán concebidos de forma tal que se evite el paso del aire del exterior y lleve consigo polvo y otros contaminantes que puedan afectar su correcto funcionamiento.

En particular, sobre el equipo cabeza de serie se llevarán a cabo las pruebas para confirmar el cumplimiento de los requerimientos técnicos solicitados, antes de la fabricación de los trenes en serie; asimismo, se realizarán ensayos de banco para al menos 600,000 ciclos.

Opcionalmente se podrá aplicar puertas tipo deslizante exterior, siempre y cuando no se vea afectado el espacio interior de los carros, que determina la capacidad de transporte especificada y en ningún caso exista la posibilidad de interferencia con las instalaciones fijas o plataforma de anden en cualquier condición de circulación y carga,

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

aun con la suspensión secundaría degradada, la dimensión de los umbrales será tal que su saliente respecto al costado exterior del carro no exceda de 15 mm, así mismo el "gap" no será mayor a 60 mm (espacio entre umbral de puertas y nariz de anden) considerando el galibo estático y dinámico. El diseño de umbrales o guías inferiores no presentará aristas salientes que pongan en riesgo la seguridad de los usuarios o provoquen interferencia con las instalaciones fijas. La resistencia estructural de las puertas, así como su mecanismo de suspensión y conjugación será ampliamente dimensionada y robusta para resistir los esfuerzos excepcionales producidos por sobrecupo o vandalismo a fin de mantener el sellado y paralelismo de las hojas.

Se demostrará en la etapa de revisión de diseño que el sistema propuesto cumple con los requisitos de seguridad establecidos en el numeral *2.13 "Seguridad"*, de esta especificación.

Así mismo, en la etapa de revisión de diseño se presentarán los estudios amplios y detallados donde demuestre que se cumplirán cabalmente los requisitos del S.T.C. para este tipo de puerta para su aprobación.

3.2.5 Ventanas.

Se instalarán 4 (cuatro) ventanas en cada costado de los carros Rc y 5 (cinco) ventanas en cada costado del carro M, a una altura tal que permita que el pasajero, sentado o de pie, observe los rótulos y andenes de las estaciones.

Las ventanas a instalar dispondrán de un cristal fijo y un cristal móvil abatible a 30° hacia el interior del carro. Serán libres de mantenimiento, sin presentar averías que afecten su funcionamiento, salvo los desgastes propios del uso normal. La propuesta será validada por el S.T.C. durante la fase de revisión de diseño, a través de los ensayos correspondientes, incluyendo las pruebas de vibraciones, resistencia mecánica, estanqueidad y fatiga.

Las ventanas se fijarán a la estructura mediante un sistema que garantice la estanqueidad, permita su fácil desmontaje y que ofrezca seguridad contra desmontajes accidentales por esfuerzos perpendiculares. El diseño permitirá sustituir los cristales sin retirar las ventanas del carro.

Los cristales de las ventanas serán de seguridad, templados y su sujeción garantizará la estanqueidad. Los cristales cumplirán con las características indicadas en la norma **SNCF ST-250** ó equivalente, además contarán con película antiscratch tricapa por la cara interna conforme a la normatividad ferroviaria vigente. La película cumplirá con la categoría de productos ignífugos y no propagadores de humo, correspondiente a la norma **NF F 16-101, categoría A1** ó equivalente.

En caso de emplear elastómeros cumplirán con las normas **ASTM D-2000** ó equivalente.

3.2.6 Aislamientos.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

Para evitar la transmisión de vibraciones, las paredes de los carros estarán provistas de un material aislante basado en lana de roca, resistente a solventes, envejecimiento o humedad, siendo aplicado en el interior del carro y bajo bastidor, en las zonas donde se requiera.

En las zonas generadoras de calor, se evitará su transferencia al interior de los carros, utilizando un material aislante adecuado.

Los materiales empleados para efectuar los aislamientos estarán clasificados en la categoría de productos ignífugos y no propagadores de humo, correspondiente a la norma **NF F 16-101, categoría A1** ó equivalente, correspondiente a la categoría de operación de material rodante.

El carro propuesto se fabricará 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 en el interior del carro inferior a 85 dB, con base en la norma **ISO 3381.**

3.2.7 Revestimientos.

Para el decorado interior, se utilizarán para el revestimiento paneles de fibra de vidrio reforzados con poliéster, que no necesiten pintura, que no presenten rugosidades ni porosidades y que tengan características satisfactorias 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 comprobada al graffiti y al scratchgraffiti.
Posibilidad y facilidad de lavado.	

Los materiales utilizados corresponderán en lo que se refiere a resistencia al fuego y emisión de humos de la norma **NF F 16-101, categoría A1** ó equivalente.

La propuesta definitiva de decoración interior del carro será definida conjuntamente con el S.T.C., durante la fase de revisión de diseño.

Se incluirá, en la etapa de revisión de diseño los certificados y documentación probatoria que demuestre las características de los materiales propuestos para revestimientos interiores de los trenes.

- **Paredes y Techo.**

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

Los revestimientos serán a base de plástico laminado o con fibra de vidrio reforzada con poliéster que cumplan con las características antes indicadas, procurando utilizar el menor número de piezas para facilitar las labores de mantenimiento.

La fijación de los revestimientos se hará utilizando el menor número de juntas, molduras y tornillos. En el caso de requerirse el uso de tornillos estos serán de acero inoxidable del tipo antivandálico e imperdibles.

Para las puertas deslizantes interiores se colocarán zoclos con bisagras tipo piano, de longitud suficiente, que permitan acceder a la zona de la petaca de cada puerta con facilidad, que permita el desalojo de basura acumulada; la apertura y cierre de este zoclo será con chapa accionada por llave de triángulo.

Las puertas de armarios y las dovelas serán construidas con diseño robustos, articuladas con bisagras continuas de tipo piano y aseguradas con cerraduras rápidas accionadas con llave de triángulo.

Las dovelas se fabricarán de poliéster reforzado o fibra de vidrio reforzada con poliéster, autoextinguibles y se utilizará el mínimo número posible de éstas para facilitar las labores de mantenimiento. Las dovelas estarán provistas de una superficie suficiente para recibir planos de la red o anuncios publicitarios normalmente adheridos, que son sustituidos frecuentemente.

La fabricación y montaje de los revestimientos de paredes y techos se efectuará de manera cuidadosa y no se permitirán separaciones entre 4 mm y 8 mm.

- **Pisos.**

El piso estará diseñado para resistir, sin deformación permanente, una carga uniformemente repartida de al menos 700 Kg /m^2. Su montaje asegurará la estanqueidad a fin de proteger la estructura de la caja contra la corrosión.

Se presentará durante la fase de revisión de diseño tres soluciones y materiales de entrepiso dentro de las cuales incluirán entre otras, paneles a base de resinas fenólicas considerando que los asientos y pasamanos estarán montados en cantiliever. No se permite que el piso tenga perforaciones.

El entrepiso será de materiales de duración mínima de 4,500,000 Km, de un diseño tal que contemple el menor número de uniones a lo largo del carro, en lo ancho del mismo serán elementos de una sola pieza.

Los materiales propuestos serán resistentes a la humedad, dándole una protección especial a los cantos, juntas y puntos de fijación que garanticen su hermeticidad.

El entrepiso se recubrirá con un material flexible y antiderrapante ampliamente probado en el campo ferroviario, lo cual será demostrado mediante documentos oficiales durante la fase de revisión de diseño, con una vida útil mínima de 2, 250,000 Km.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

En las juntas entre los componentes del recubrimiento del entrepiso se utilizarán selladores. La unión del entrepiso y el recubrimiento utilizará adhesivos que resistan sin degradación alguna las condiciones de temperatura, humedad, y esfuerzos mecánicos o térmicos teniendo especial cuidado en los bordes y uniones, garantizando que no exista el fenómeno de delaminación por efecto de temperatura. La propuesta será validada por el S.T.C. durante la fase de revisión de diseño, a través de los ensayos correspondientes.

El recubrimiento del entrepiso podrá ser de una sola pieza y máximo tres a lo largo del carro y de gran facilidad de limpieza, para lo cual su superficie no tendrá relieves, rugosidades ni porosidades. Se instalará de forma tal que garantice la estanqueidad total. El material del piso y las estructuras circundantes permitirán una limpieza con agua y jabón, sin que resulte deteriorado. A este efecto, no se permitirá ninguna trampa en el piso, previéndose el desalojo del agua por los drenes dispuestos en las puertas.

El recubrimiento y el entrepiso tendrán características de resistencia al fuego y emisión de humos cumpliendo con la norma **NF F 16-101 categoría A1** ó equivalente.

Durante la fase de revisión de diseño, se realizará las pruebas que demuestren el cumplimiento de las normas especificadas. Así como entregar el procedimiento detallado del cambio del recubrimiento, que dé cumplimiento a estas especificaciones.

Los materiales de los revestimientos y piso estarán de acuerdo con el Anexo 1I adjunto.

3.2.8 Salón de Pasajeros.

El salón de pasajeros se diseñará tomando en cuenta la disposición de asientos, 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 aristas vivas, así como un adecuado nivel de iluminación y ventilación, los cuales serán especificados posteriormente.

- **Asientos.**

La distribución de asientos para los pasajeros se diseñará para cumplir con lo indicado en los numerales *2.7 "Composición de los trenes", 2.8 "Dimensiones de los Trenes" y 2.9 "Definición de Peso y Carga para los Cálculos del Desempeño de los Trenes"*. Los asientos estarán colocados en cantiliver, en módulos de diseño confortable y adecuado para la antropometría mexicana, será puesto a consideración del S.T.C. en la etapa de revisión de diseño. A manera de referencia en el Apéndice H "CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES DE LOS ASIENTOS DEL SALÓN DE PASAJEROS" se muestran las dimensiones mínimas que deben cumplir los asientos.

En el Anexo 1A se presenta un dibujo con vista general de los carros con la distribución de asientos de pasajeros con base en el contenido de la presente especificación.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

Los asientos serán fabricados en materiales que garanticen alta resistencia mecánica, de diseño anatómico para la antropometría mexicana, modular y de calidad autoextinguible que cumpla con la norma **NF F 16-101, A1** ó equivalente. El color será definido durante la fase de revisión de diseño. 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.

La estructura del asiento será robusta. En caso de tener partes visibles estarán construidas de acero inoxidable. Las demás partes serán protegidas con pintura anticorrosiva. De acuerdo a la solución adoptada, los asientos dispuestos en la proximidad de los pasillos contarán con un asa de acero inoxidable que utilizarán los pasajeros de pie. No se permite la fijación de las estructuras de los asientos a los revestimientos, la solución propuesta será puesta a consideración del S.T.C. durante la fase de revisión de diseño.

En caso de asientos fabricados en material termoplástico, el color estará integrando al pigmento de la resina del material utilizado en la fabricación de los mismos. Por lo que no se acepta la aplicación de pintura sobre los asientos.

El Anexo 1A se presenta también las características distribución de los asientos.

Durante la fase de revisión de diseño, sobre prototipos se realizarán pruebas de resistencia mecánica, comportamiento al fuego y humo, decoloración y resistencia a agentes químicos, entre otros.

- **Espacio exclusivo para usuarios con silla de ruedas y/o con discapacidad motriz.**

En cada carro Rc con cabina de conducción del tren se incluirán dos espacios exclusivos y acondicionados para dos usuarios en silla de ruedas con las prestaciones necesarias que faciliten su acceso y permanencia con toda la seguridad requerida, estos espacios se ubicaran en la parte delantera del salón de pasajeros. Estos espacios incluirán: pasamanería especial, asientos abatibles, botones de aviso a cabina de conducción para el descenso y dispositivos de fijación para sillas de ruedas, entre otras.

En la etapa de revisión de diseño se acordará a detalle las características de la solución a implementar.

- **Ventilación.**

El salón de pasajeros contará con un sistema de ventilación que permita alcanzar el caudal mínimo de 12,000 m^3 /h con una tasa de aire del exterior del 100%. Para la succión del aire se preverán tomas adecuadamente dimensionadas provistas de de trampas de polvo y agua en el techo del carro. La eficacia de la ventilación, caudal y repartición en el salón de pasajeros será validada por el S.T.C. durante la fase de revisión de diseño.

La alimentación eléctrica de los grupos de ventilación de cada carro se efectuará, preferentemente, mediante el convertidor estático 220 VCA trifásica 60 Hz.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

El grupo estará instalado en un ensamble compacto, de tal modo que asegure una operación exenta de vibración que pudiera transmitirse a la estructura.

Los difusores garantizarán una adecuada distribución del aire en el interior del carro.

Para operaciones de revisión o de mantenimiento, los equipos de ventilación tendrán plena accesibilidad. Los equipo atendrán los rangos aceptables de ruido y vibración que se han especificado para el tren.

El control de la operación del sistema de ventilación de pasajeros de cada carro estará gobernado por un control de temperatura ajustable desde la terminal de cabina, con acceso solo por personal autorizado de mantenimiento.

Durante la fase de revisión de diseño el estudio completo del sistema de ventilación del salón de pasajeros y de cabina será presentado al S.T.C.

- **Pasamanos.**

En el salón de pasajeros se ubicarán convenientemente pasamanos en cada puerta, en la zona de asientos y pasillo de intercirculación, a fin de complementar la seguridad de los usuarios. Estos pasamanos se construirán con elementos tubulares de acero inoxidable, pulido con acabado mate que mejore la sujeción de los pasajeros, de una resistencia mecánica adecuada a los requerimientos de carga.

En los casos que se requiera la unión de dos apoyos se emplearán elementos compactos con componentes de fijación oculta, elaborados en acero inoxidable que permitan realizar su montaje y desmontaje sin necesidad de retirar columnas u otros elementos. Toda la tornillería que deba quedar expuesta será del tipo antivandálico y del material antes indicado.

La distribución de pasamanos se incluirá en las simulaciones dinámicas del salón de pasajeros, a presentar al S.T.C. durante la fase de revisión de diseño.

3.2.9 Pintura.

Todas las piezas, excepto las de acero inoxidable y las galvanizadas, equipamientos montados bajo el bastidor, bogies, cajas de equipamientos, reservorios, etc., serán debidamente preparadas utilizando esquemas de pintura adecuados a las condiciones de servicios a que están sujetas.

Todas las piezas de acero al carbono tendrán tratamiento anticorrosivo por medio de primer epoxi a base de fosfato de cinco (N2630) con pintura de acabamiento efectuada por medio de tinta epóxi amina poliuretano alifático.

Cajas de acero inoxidable austenitico no requieren pintura de protección.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

La pintura exterior de la caja se efectuará solamente en las frentes de los carros Rc, cuyas mascaras serán de fibra de vidrio reforzadas con poliéster y será a base de pintura de poliuretano de acuerdo al diseño que se acuerde con el S.T.C. en la etapa de revisión de diseño, pudiendo presentarse otras alternativas que garanticen una máxima resistencia a la intemperie, a los solventes y a las condiciones operativas y ambientales por un período mínimo de 2,250,000 Km.

El acabado exterior de las cajas y las marcaciones podrán ser hechos por medio de fajas de vinilo autoadhesivo de elevada resistencia.

Los colores empleados serán según la norma **UNE- 48103, RAL** o equivalente. Los colores y el diseño serán los que el S.T.C. determine durante la fase de revisión de diseño.

3.2.10 Señalización Exterior Luminosa.

Sobre los costados de los carros se ubicarán lámparas de señalización de puertas abiertas (de color ámbar) y lámparas de palanca de freno de emergencia accionado (de color rojo). Estos señalamientos serán herméticos, según norma de grados de protección determinados para cubiertas **IEC 60529 código IP 56** y fabricarse con tecnología de diodos emisores de luz, perfectamente visibles desde la cabina de conducción.

La señalización de puertas abiertas y la señalización del accionamiento de la palanca de emergencia serán señaladas localmente en el carro y de manera general en el monitor de la cabina de conducción.

La ubicación de la señalización local exterior será en la parte central superior de los costados del carro.

3.2.11 Iluminación Interior del Salón de Pasajeros.

El sistema de iluminación de pasajeros ofrecerá una iluminación al usuario, brindar una sensación de comodidad, seguridad y bienestar, asegurando, además, en caso de emergencia, un nivel de iluminación adecuado de acuerdo a las normas **IEC** o equivalentes.

La iluminación del salón de pasajeros de los trenes será del tipo fluorescente, considerando los siguientes aspectos:

- Iluminación normal. Este sistema ofrecerá una iluminación sin efectos de sombra y su alimentación se hará a partir de la fuente de tensión directa. Este sistema se apagará después de cinco minutos de haberse perdido la tensión generada por el convertidor estático del elemento correspondiente.

- La luminaria será diseñada con materiales que favorezcan la reflexión de la luz, empleando lámparas del tipo ahorrador de energía blanco frío de encendido rápido, y con una vida útil mínima de 10,000 horas, de fácil adquisición en el mercado nacional y será alimentada por medio de un convertidor electrónico conectado a la corriente directa de baja tensión.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

- Iluminación de emergencia. Las luminarias seleccionadas para la iluminación de emergencia forman parte de la iluminación normal operando en forma permanente, ya que se mantendrá encendido ante la ausencia de alta tensión, brindando al usuario la iluminación mínima indispensable para su seguridad y desplazamiento, durante por lo menos 60 minutos.

- Cada lámpara del sistema de iluminación de emergencia se alimentará a través de un convertidor electrónico (balastra electrónica), con tensión de la batería. Considerándose un 30 % del total de las lámparas de iluminación normal para este tipo de iluminación en cada carro, distribuidas uniformemente a lo largo del mismo.

La iluminación 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 la iluminación de emergencia y al lograrse la operación de todos los equipos auxiliares del tren operará normalmente la iluminación del salón de pasajeros.

- **Nivel de iluminación.**

Los niveles de iluminación serán acordados con el S.T.C. en la etapa de revisión de diseño por Alstom, tomando en cuenta la norma correspondiente de aplicación ferroviaria.

Las luminarias que protejan a los tubos, garantizarán una excelente estanqueidad al polvo y humedad y los difusores una accesibilidad inmediata que permita el reemplazo rápido de los tubos de alumbrado. Estos difusores y demás elementos plásticos de la luminaria cumplirán con la norma **NF F 16-101**, **categoría A1.** El aseguramiento de las luminarias será por medio de una cerradura compacta e imperdible.

Alstom en la fase de revisión de diseño entregará al S.T.C. las simulaciones dinámicas de un recorrido virtual en 3D a lo largo de todo el tren tanto en el interior como en el exterior, mismas que permitan valorar las distintas soluciones. Presentadas para todos los componentes y sistemas de la caja.

3.2.12 Captación de Energía Eléctrica.

Cada carro motriz llevará un pantógrafo de acuerdo al Apéndice "B" "CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL PANTÓGRAFO" que captará la corriente de alta tensión de la catenaria del tipo rígido en túnel y flexible para tramo superficial, elevado y zona de talleres. Su mecanismo permitirá una captación correcta en todas las posiciones relativas, condiciones de circulación, desempeño del tren, vibraciones del carro, características y condiciones de la instalación fija de la línea 12. Las dimensiones y rango de operación del pantógrafo propuesto será tal que permita la correcta operación de la catenaria y el pantógrafo. Se asegurará la compatibilidad del pantógrafo propuesto con los tipos de catenaria que se utilizaran en la línea 12, tanto en vías principales como para las vías secundarias, garaje y talleres. Se presentará al S.T.C. en la etapa de revisión de diseño el diseño y la compatibilidad del pantógrafo propuesto.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

El accionamiento del pantógrafo será efectuado mediante un actuador eléctrico integrado al bastidor del mismo. Será alimentado por la tensión de batería.

El equipo de captación estará diseñado para operar satisfactoriamente a la velocidad máxima de diseño establecida en esta especificación, sin presentar daños o generar perturbaciones a los equipos del tren.

La posición del plano de contacto será independiente de los movimientos y mantenerse en contacto permanente con la catenaria manteniendo una fuerza constante.

Los movimientos ascendente y descendente serán controlados y regulados por medio del control eléctrico previsto desde la cabina de conducción y localmente desde cada carro motriz. Adicionalmente contará con un accionamiento manual para ascenso y descenso del mismo.

Las articulaciones serán concebidas mediante rodamientos protegidos contra polvo, humedad y se dispondrán los elementos eléctricos necesarios para eliminar el desgaste por erosión eléctrica.

El mecanismo del pantógrafo contará con un dispositivo de repliegue de emergencia, que protegerá al pantógrafo contra impactos.

Las bandas de desgaste serán preferentemente de grafito y su periodo de cambio por desgaste será superior a 150,000 km.

Para el diseño de los carros se tomará en cuenta (en particular para los componentes de protección contra descargas eléctricas) que el negativo del circuito se efectúa por los rieles con una disposición aislada de tierra. El diseño incluirá un equipo de aparta-rayos del tipo reutilizable, que permita verificar el número de accionamientos sin sufrir deterioro alguno, no se aceptaran aparta -rayos de cartucho y/o del tipo desechable. El aparta-rayos será instalado en la proximidad del pantógrafo.

Alstom proporcionará durante la fase de revisión de diseño una descripción que demuestre el cumplimiento de los requerimientos del pantógrafo y aparta-rayos señalados en los párrafos anteriores

El cableado de los circuitos del bogie estará protegido mediante tubo aislante, de alto impacto en los lugares expuestos a daños, disponiendo en un lugar accesible un conector general para unión rápida caja–bogie para los cableados de baja tensión. Se exceptuarán aquellos cableados que, por sus características, requieran de un tratamiento distinto (por ejemplo: conexión directa caja - bogie y motores de tracción). Los conectores serán estancos y previstos para trabajar a la intemperie.

- **Fusibles.**

En el circuito de alimentación de alta tensión serán incluidos fusibles. Estos fusibles estarán instalados lo más cerca posible de los pantógrafos. Los fusibles serán a prueba de explosión, tendrán la capacidad adecuada al

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

diseño y estarán coordinados en tiempo contra corriente con las protecciones de los puestos de rectificación para actuar con mayor velocidad que estos últimos.

3.2.13 Cableado de Alta y Baja Tensión.

Los cables eléctricos destinados a alimentar los diferentes equipos que se utilizarán en los carros serán seleccionados para soportar la tensión y corriente de los mismos.

Los cables operarán satisfactoriamente en grupos de conductores, en un ambiente cerrado (sin ventilación) y expuestos a las radiaciones térmicas del equipo eléctrico de los carros y de los cables adyacentes.

Además, estarán diseñados para soportar temperaturas de sobrecarga, sobretensión y cortocircuitos que se puedan presentar durante la operación, sin degradación de sus características. Los cables soportarán también sin degradación o deterioro alguno, la exposición eventual a solventes y lubricantes.

Dado que las características del cableado de alta y baja tensión son diversas, los mismos cumplirán, conforme a su aplicación, con las normas EC 61034, IEC 60754, IEC 60228, IEC 60811, IEC 60502, NF F 16101 ó equivalentes.

La cubierta aislante de los conductores será cero halógenos, con las mejores características mecánicas, eléctricas y químicas. De acuerdo con el diseño del tren, los cables que así lo requieran estarán blindados para evitar interferencia electromagnética.

En la cubierta del aislamiento se indicará los siguientes datos: Fabricante, tipo de cabo, sección nominal, tensión nominal del cable. El cableado de los diferentes circuitos se instalará de tal manera que no dificulte su montaje y desmontaje en los carros, considerando los siguientes criterios:

- Todos los cables unitarios, arneses y cables múltiples estarán etiquetados en sus extremos, de acuerdo con los esquemas eléctricos y de cableado correspondientes, estos señalamientos serán perfectamente visibles sin degradación apreciable al paso del tiempo.

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

- Se utilizarán canalizaciones para proteger el cableado en las zonas que lo requieran y así 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.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

- Las terminales de conexión que se propongan, incluyendo las aplicadas a presión o las de tipo clema sin tornillo garantizarán la continuidad bajo las condiciones de operación, asegurando que las vibraciones no afecten su funcionamiento, mismas que serán sometidas a consideración del S.T.C. durante la fase de revisión de diseño.

- Las tablillas de conexión contarán 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 generación de humo, de conformidad con la norma **NF F 16-101**, **categoría A1** ó 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 se considerará, en cada conexión, una longitud suplementaria de por lo menos 120 mm en cada extremo del cable.

- Para asegurar que no existan danos en los elementos de sujeción de los distintos equipos de la caja y del bogie debido al paso de corriente, se instalarán trenzas conductoras ó cables flexibles suficientes entre la caja- bogie, caja-cofres, bogie-motores, entre otros, para asegurar su eficiente y correcta puesta a tierra.

- Todo el cableado de alta tensión será canalizado en trayectorias bajo bastidor. Queda estrictamente prohibido su conexión o paso por los armarios del interior de los carros. Para el caso de los pantógrafos su cableado de alta tensión será canalizado a través de ductos especialmente aislados.

3.2.14 Acopladores Eléctricos.

La conexión eléctrica entre carros y la comunicación entre los equipos instalados en los mismos se efectuará por medio de acopladores eléctricos removibles. Los acopladores eléctricos estarán formados por cables del tipo múltiple con funda resistente a: solventes, lubricantes y a la intemperie o cables alojados en conductos flexibles. El alojamiento de las bases de los acopladores, previsto en las cajas, protegerá adecuadamente la unión base-acoplador a fin de evitar su exposición al agua ya sea por lluvia o a su paso por la vía de lavado.

El número de cables será establecido por las necesidades del diseño del tren, previendo una reserva mínima del 15% de hilos por acoplador y tipo de aplicación que instalándose el cableado durante la fabricación quedarán disponibles para futuras aplicaciones. Los acopladores eléctricos estarán formados por cables ubicados en conductos flexibles con funda resistente a: solventes, lubricantes y a la intemperies. Los acopladores eléctricos

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

tendrán tomas en cada uno de sus extremos, las cuales se acoplarán a las tomas instaladas en los extremos de las cajas garantizando la estanqueidad según norma de grados de protección determinados para cubiertas **IEC 60529 código IP 56**. Cada toma tendrá una guía de conexión y un seguro que evite su desconexión, así como una fijación cercana a la toma, que actúe sobre los acopladores, para impedir el libre movimiento de estos durante la operación del tren.

Las tomas instaladas sobre el frente de los carros contarán con una tapa que impida la filtración y escurrimiento de agua, de un diseño que permita un fácil acceso a los acopladores eléctricos para su mantenimiento.

La longitud y flexibilidad de los cables acopladores entre carros será suficiente para evitar que se vean sometidos a esfuerzos mecánicos durante la operación de los trenes. En función del diseño del tren, los acopladores eléctricos incorporarán cables blindados para protección contra interferencias electromagnéticas.

3.2.15 Elementos de Protección Eléctrica.

Todos los equipos eléctricos de alta y baja tensión estarán protegidos por elementos que eviten daños en caso de sobre tensiones, sobre corrientes y cortocircuitos. Los elementos de protección se ubicarán en lugares de fácil acceso y estarán debidamente identificados, de acuerdo con las identificaciones indicadas en los esquemas eléctricos del tren.

En los circuitos de corriente alterna y directa de baja tensión se elegirán magneto térmicos de rearme manual. En la fase de revisión de diseño se justificará la capacidad y tiempos de respuesta de los diferentes elementos de protección empleados en el tren. Los elementos de protección serán de aplicación ferroviaria.
La protección del circuito de alta tensión que conecta el pantógrafo con la catenaria estará calculada y debidamente coordinada en tiempo contra corriente con las protecciones de los puestos de rectificación previstos para la línea 12. El cumplimiento de este requisito será presentado en la etapa de revisión de diseño.

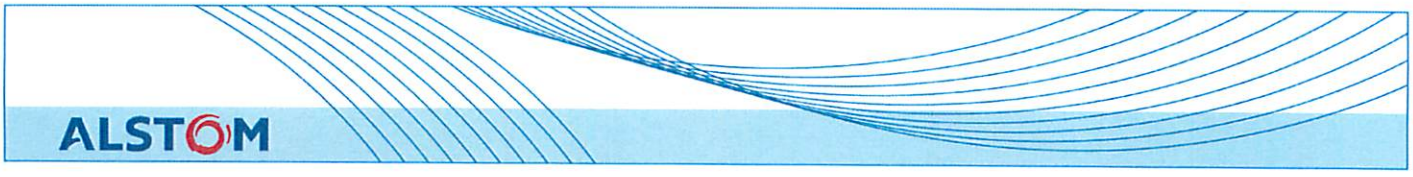
3.2.16 Equipos y Arreglos Diversos.

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

- Umbrales de un material de alta resistencia al desgaste 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 desde el nivel de la vía, cuidando el aspecto ergonómico.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.



- Sobre cada montante de puertas de acceso a pasajeros se colocará un perfil de hule o de material similar de protección para evitar que los pasajeros introduzcan accidentalmente los dedos en el alojamiento de puertas.

- Todos los carros contarán con un bota aguas continuo en la parte superior e inferior de los costados. Para el caso de los carros con cabina el bota aguas se extenderá hasta las puertas de la cabina de conducción.

Los órganos mencionados a continuación estarán previstos en el interior de los carros, se mencionan de manera informativa más no limitativa:

- Una escalera de socorro en cada carro. El diseño y localización serán sometidos a consideración del S.T.C. durante la fase de revisión de diseño, conteniendo al menos, las características de huellas para apoyo del pie con superficie antiderrapante y barandal plegable.

- Una palanca de emergencia, cerca de cada puerta de acceso a usuarios y en el interior de la cabina.

- En los carros remolque se instalará un conmutador de traspaso de batería y traspaso de corriente alterna. (Que en caso de falla del control automático de traspaso permita efectuar el traspaso manualmente.)

- En los carros remolque se instalará un conmutador de aislamiento del compresor.

- En los carros motrices se instalará un conmutador de aislamiento de la tracción

- En los carros motrices se instalará un conmutador para el descenso del pantógrafo.

Estos aparatos más otros que se requieran en la operación del tren serán definidos en cuanto a su funcionamiento y características en la etapa de revisión de diseño con el S.T.C..

3.2.17 Inscripciones y Placas.

Las inscripciones exteriores e interiores serán acordadas con el S.T.C. durante la fase de revisión de diseño.

Disponerán en la caja los siguientes elementos de identificación, se mencionan a título informativo más no limitativo:

Identificaciones exteriores:

- Número de carro en la parte inferior delantera y trasera de los costados de los carros.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

- Número de carro en la parte frontal de la cabina, visible a 100 m.
- Placa metálica del fabricante, que contenga el nombre y/o anagrama del mismo, así como el año de construcción del tren y número de carro (bajo carrocería).
- Señalamiento de accionamiento o de aislamiento del freno de estacionamiento.
- Señalamiento de las posiciones de las válvulas de aislamiento del conducto de equilibrio.
- Señalamiento de puntos de apoyo para levante.
- Placas de identificación y de seguridad de los cofres laterales, bajo bastidor, señalando los principales equipos que contienen.
- Señalamiento sobre puertas de acceso "antes de entrar permita salir".
- Señalamiento de los acopladores de líneas de tren.
- Señalamiento de puntos de lubricación de la corona de rodamiento de la unión caja – bogie (Si se utiliza este tipo de sistema).

Identificaciones interiores:

- Placas del fabricante.
- Número de serie
- Número del carro.
- Placas de las palancas de emergencia en acero inoxidable.
- Señalamiento en los cristales de las ventanas: "por su seguridad no asomarse ni saque las manos".
- Señalamiento en los cristales de las puertas: "por su seguridad no recargarse".
- Señalamiento "no fumar".
- Señalamiento que indique los espacios para discapacitados y para mujeres embarazadas y adultos mayores.
- Plano de la línea donde circularán los trenes, debidamente protegido (logotipos de estaciones).
- Plano actualizado de la red del S.T.C. debidamente protegido.

Todos los señalamientos de los dispositivos o accesorios que operará el conductor o el personal de mantenimiento del S.T.C., serán de material altamente reflejante (visible con bajos niveles de iluminación) de alta resistencia y vida útil. Los señalamientos exteriores serán colocados antes de la aplicación de la capa de protección antigraffiti.

Se utilizarán pictogramas oficiales, el diseño y ubicación serán acordados con el S.T.C..

Todos los rótulos serán redactados en idioma español.

Los dispositivos de encendido del tren y de encendido de la iluminación de la cabina contarán con una señalización foto luminiscente.

Todos los aparatos mecánicos, neumáticos, eléctricos y electrónicos, incluyendo los paneles de equipos, serán rotulados de modo que el personal de conducción y de mantenimiento pueda identificarlos fácilmente.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

16

Las placas rotuladas con relieve serán resistentes al rayado y de fácil limpieza.

Las identificaciones interiores y exteriores de los carros estarán debidamente protegidas contra vandalismo e intemperie.

Las características, cantidades, dimensiones de cada señalamiento serán acordadas en la etapa de revisión de diseño con el S.T.C.

3.3 Cabina de Conducción.

Las cabinas de conducción estarán concebidas y dimensionadas de modo que el personal operativo y de mantenimiento pueda realizar su función con eficacia y seguridad. Todos los elementos constitutivos de la cabina ofrecerán características de fabricación contra el vandalismo, condición que será confirmada durante la revisión de diseño y la fase del inicio de la fabricación.

Las cabinas de conducción serán amplias ocupando todo el ancho delantero del carro Rc para que los movimientos del personal se efectúen sin dificultad, por lo que no tendrán obstáculos que dificulten dichos movimientos.

En la cabina se instalará un parabrisas, que asegure al personal una excelente visibilidad de la vía y la señalización, de acuerdo a los requerimientos establecidos en la Norma **UIC 617.7** ó equivalente. El parabrisas será de cristal templado, laminado de seguridad y será entintado en su parte superior. El cristal se montará por el exterior de la cabina por medio de un sistema que garantice la fijación y estanqueidad permanente.

El parabrisa resistirán impactos de acuerdo a lo establecido en la Norma **UIC 651** ó equivalente, así como los requerimientos indicados en la Norma **SNCF ST 250** ó equivalente.

El equipamiento y revestimientos de cabina serán diseñados para un correcto desempeño contra el fuego, emisión de humos y toxicidad de estos, de calidad autoextinguible que cumpla con la **Norma NF F16-101, categoría A1** ó equivalente.

Los siguientes elementos y/o equipos serán instalados en la cabina de conducción, mismos que se indican a manera informativa más no limitativa:

- Un extinguidor del tipo ABC y otro de agua ligera los cuales estarán alojados dentro de un nicho en la pared posterior de la cabina debiendo ser colocados sobre el piso de manera accesible y en posición vertical. La fijación de éstos será firme y de fácil desmontaje y no obstaculizarán el transito del personal en la cabina.

- Un limpiaparabrisas de accionamiento eléctrico, ampliamente probado en el campo ferroviario, con control de velocidad variable y dosificador de agua.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

- Un parasol tipo cortina de tejido semitransparente y características ignifugas, manual de uso rudo y ajustable a cualquier posición entre el mínimo y máximo de su accionamiento, para evitar el deslumbramiento al conductor en vías superficiales.

- Dos conmutadores de emergencia accionados por palancas fácilmente accesibles y colocadas en cada costado del interior de la cabina. En la etapa de revisión de diseño se determinará la ubicación exacta para estos conmutadores.

- Dos pasamanos verticales exteriores situados cerca de las puertas laterales de cabina.

- Un dispositivo con los números de las matrículas de los carros que constituyen el tren.

3.3.1 Pupitre de Conducción.

Cada cabina contará con un pupitre de conducción en el cual se instalarán los aparatos de mando control y señalización del tren. Con objeto de no sobrecargar el pupitre, los aparatos que no tengan uso frecuente en la conducción se situarán en un panel superior. Asimismo se respetará la distribución de aparatos establecida en el numeral *3.3.13 "Equipos y Accesorias de Cabina"*, considerando la antropometría mexicana y la ergonomía de la cabina.

El conjunto del pupitre será resistente a las rayaduras y golpes, estético y hermético, los materiales empleados serán del tipo inastillable, fácilmente lavables, que no se decoloren con el uso frecuente ni con el tiempo y sean resistentes a la abrasión. Todos los equipos de instrumentación estarán cubiertos por materiales resistentes al impacto y con protección antiscratch, que permitan la fácil lectura.

Los aparatos de mando de utilización frecuente estarán dispuestos de modo que puedan ser accionados cómodamente por el conductor desde el asiento. Los aparatos de control estarán situados frente al conductor de modo que queden dentro de su campo de visión y maniobra. Todas las señales luminosas serán con LED's, pantallas de cristal líquido o de un sistema equivalente que permita su visibilidad aún a plena luz del día.

La disposición y montaje de aparatos dentro del pupitre de conducción será de modo que las operaciones de mantenimiento y sustitución de aparatos puedan efectuarse con facilidad, sin necesidad de realizar el desmontaje previo de otros equipos.

Los mandos de anuncio de partida y cierre de puertas (se instalarán de tal manera que permitan al conductor vigilar el acceso de los usuarios) estarán ubicados en cada extremo del pupitre de conducción y a ambos lados del tabique de cabina.

3.3.2 Asiento del Conductor.

El conjunto del asiento del conductor será ergonómico, cómodo, compacto y de altura regulable, con descansabrazos abatibles cuya posición fuera de uso debe ser en los costados del respaldo, estará situado convenientemente para permitir al personal el acceso a todos los elementos necesarios para la conducción, el

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

control del tren y el fácil desplazamiento en el interior de la cabina. El asiento se replegará automáticamente y formará un conjunto resistente, debiéndose fabricar con materiales de calidad autoextinguible y libre de mantenimiento. La fijación del mismo debe realizarse directamente al bastidor mediante un sistema de adecuada resistencia mecánica.

3.3.3 Puertas de Acceso a Cabina.

La cabina de conducción tendrá acceso por los costados mediante puertas deslizantes con accionamiento manual provistas de una chapa y manija interior y al salón de pasajeros por una puerta de intercomunicación tipo "va y viene" también provista de chapa y cerradura de accionamiento manual. Todos los accesorios visibles de las puertas de cabina, tales como manijas, tornillería, molduras y bisagras serán de acero inoxidable. Las cerraduras de las puertas de cabina serán de un diseño robusto ampliamente probado en el campo ferroviario.

Se incorporará una señalización que indique al conductor en la cabina en servicio, si cualquiera de las tres puertas en la cabina trasera se abre.

- **Puertas Laterales de Cabina.**

El mecanismo de accionamiento de la puerta será de un diseño para uso rudo, con el mínimo número de elementos de desgaste y de fácil mantenimiento. Las puertas laterales tendrán únicamente dos posiciones de accionamiento (abierto o cerrado), con un sistema manual de apertura y cierre que mantenga dichas puertas siempre cerradas. Existirá la posibilidad de enclavamiento a la apertura, a través de la llave de tren.

El acceso a la cabina estará restringido al personal autorizado mediante el uso de una llave de tren.

Desde el interior de la cabina, el mando de la apertura contará con un sistema de desenclavamiento manual interior.

Tanto el mecanismo de la puerta como el de la chapa serán de aplicación ferroviaria y garantizar un desempeño de 1,500,000 accionamientos, sin que presente avería alguna y con mínimo desgaste de sus partes. Lo cual será comprobado mediante las pruebas correspondientes al equipo cabeza de serie. El canto de la puerta del lado de la chapa tendrá un hule de protección, de fácil intercambiabilidad.

Las puertas laterales de cabina estarán constituidas y encuadradas por una armadura sólida de perfiles de aluminio extruidos, aleación 6060 T5, revestida con lamina de acero inoxidable **AISI 304** grano 80 de por lo menos 1mm de espesor, sin recubrimiento de pintura, y reforzadas interiormente (la caja formada será inyectada de espuma expandible de poliuretano de calidad no combustible o autoextinguible rígida según norma **UNE 53127**, con una densidad de 100-120 kg/m^3, o material equivalente.). En caso de existir una propuesta diferente cumplirá con las características de resistencia mecánica y resistencia al fuego, similar o superior a las solicitadas.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

- **Puertas de Intercomunicación Cabina-Salón de Pasajeros.**

Los carros con cabina dispondrán de una puerta de intercomunicación con el salón de pasajeros (tipo va y viene), con apertura para ambos lados, cuyo movimiento no interferirá con el asiento del conductor. Estas puertas dispondrán de una cerradura con accionamiento manual desde el interior de la cabina. Las bisagras serán fabricadas en acero inoxidable. El aspecto de las puertas estará en armonía con la decoración interior del tren.

El acceso a la cabina a través de esta puerta será manual y estará restringido al personal autorizado mediante el uso de una llave del tren.

Cada puerta de va y viene incluirá un cristal fijo que permita la clara visibilidad de un lado a otro conforme a la normatividad ferroviaria vigente, además contarán con película antiscratch por ambas caras del cristal. Estarán clasificados en la categoría de productos ignífugos y no propagadores de humo, correspondiente a la norma **NF F 16-101, categoría A1** ó equivalente.

Estará constituida por una hoja cuya armadura será de acero y estará cubierta por ambos lados con paneles de poliéster ignífugos reforzados con fibra de vidrio, con un comportamiento al fuego según norma **NF F16-101**, **categoría A1** y **UNE 232727**, conforme a la decoración interior del carro. En caso de existir una propuesta diferente cumplirá con las características de resistencia mecánica y resistencia al fuego, similar o superior a las solicitadas.

3.3.4 Ventana de Puerta de Cabina.

En las puertas laterales de acceso a cabina, se montarán ventanas tipo guillotina con cristal inferior fijo y cristal superior descendente con película antiscratch en la parte interior. El mecanismo será de un diseño simple que permita el funcionamiento de la ventana en cualquier posición, evitando que a la apertura, caiga bruscamente el cristal.

Se asegurará el bloqueo de la ventana en posición cerrada por un sistema de enclavamiento montado sobre la misma, accionable desde el interior de la cabina. Los cristales cumplirán con las características indicadas en la **Norma SNCF ST-250** ó equivalente.

3.3.5 Iluminación de la Cabina.

La iluminación interior de la cabina de conducción será fluorescente, alimentada a partir de un convertidor electrónico de corriente continua. Se colocará un conmutador en la cabina para poner en servicio esta iluminación.

La iluminación de cabina se diseñará con el mismo tipo de lámparas utilizadas en el salón de pasajeros, asegurando una iluminación eficiente sin deslumbramiento al conductor, que evite que al reflejarse la luz sobre el pupitre se pierda la apreciación de las señalizaciones.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

3.3.6 Ventilación de la Cabina.

Se instalará un sistema de ventilación forzada en la cabina de conducción, el cual será silencioso. Se preverá que el conductor pueda seleccionar el nivel de velocidad deseada, que incluya filtros de carbón activado de amplia duración que asegure el flujo de aire limpio e inodoro. El accionamiento de la ventilación solo será posible una vez que se tengan tomados los mandos en la cabina de conducción.

3.3.7 Luces de Protección de los Trenes.

En la parte delantera de las cabinas de conducción se colocarán en el exterior, bajo el parabrisas, dos fanales a base de LED's, los cuales emitirán una luz blanca o roja de alta intensidad, dependiendo de las condiciones de operación; la luz blanca se encenderá en la cabina con marcha adelante y la luz roja se encenderá en la cabina opuesta. La elección de operación de éstas será automática por el sentido de marcha elegido. En un tren estacionado, la luz roja de ambas cabinas se mantendrá alimentada para emitir una luz de protección, aun con el tren apagado.

Se instalarán faros de halógeno con dos niveles de intensidad, de inclinación ajustable en la parte baja del frente de las cabinas, que permitan visualizar la presencia de objetos en la vía a una distancia de 100 m en tramo recto con el nivel máximo de intensidad. Estos faros serán alimentados directamente de las baterías solo en la cabina que tenga tomados los mandos de conducción.

3.3.8 Luces de Identificación.

Sobre la parte superior delantera de los carros con cabina se instalarán dos luces a base de LED's de color amarillo colocadas a cada extremo del panel de número de tren e indicador de dirección. Estas luces serán operadas por medio de un conmutador colocado en la cabina y tendrán una emisión fija o intermitente. Además, se encenderán automáticamente en ambas cabinas para señalar al personal, de ciertos trenes especiales en su circulación con conducción degradada.

3.3.9 Indicador Frontal Luminoso.

En la parte frontal superior de las cabinas se colocarán dos dispositivos luminosos a base de LED's que indicarán respectivamente el número del tren y el nombre de la terminal hacia la cual se dirige, el control de los indicadores del número del tren será manual. Tendrán la capacidad de desplegar mensajes predeterminados por el S.T.C. En la cabina contraria únicamente se encenderá el número de tren. Estos señalamientos serán visibles claramente con luz diurna. La distancia a la cual los señalamientos deben ser perfectamente legibles será de 150 m, en la etapa de revisión de diseño se definirá el color de los LED's.

3.3.10 Advertidores Sonoros.

En cada carro con cabina se instalarán dos advertidores sonoros, uno con bocina de accionamiento eléctrico de baja intensidad para estaciones, y un segundo de accionamiento neumático, cuyo sonido pueda ser escuchado en la zona superficial de la Línea, a una distancia mínima de 150 m. Estos advertidores sonoros serán accionados por

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

medio de una sola palanca, se colocarán dos palancas, a la izquierda y a la derecha del pupitre, las cuales podrán ser accionadas cómodamente por el conductor desde el asiento.

3.3.11 Conmutadores.

Los conmutadores a emplear serán de uso ferroviario, resistentes a vibraciones y choques, fabricados según lo señalado en las normas **NF C-63-130, 61-120 y 20040** ó equivalente, con resistencia mecánica de al menos 2,500,000 de maniobras en las funciones de conducción y puertas, y al menos 1,000,000 de maniobras para el resto de los conmutadores.

Las leyendas de cada conmutador identificarán claramente su función y posición, escritas en idioma español y con letras mayúsculas en bajo relieve, de color blanco en fondo negro.

Las diferentes funciones y cantidad de conmutadores serán precisadas en la etapa de revisión de diseño con el S.T.C.

3.3.12 Accesorios Diversos.

- **Fijación de Instrumentos y Aparatos.**

Todos los instrumentos y aparatos instalados en la cabina de conducción tendrán un diseño tal que soporte los niveles de vibración a los que estarán sometidos, sin afectación alguna en su operación. En lo referente a la fijación mediante tornillería, ésta no será visible.

- **Conectores y Tomas Eléctricas.**

Todos los conectores y tomas, por seguridad estarán alojados en el interior de los compartimientos de la cabina y serán de fácil acceso para su manipulación.

- **Etiquetas.**

Cada aparato tendrá su nombre marcado en una placa metálica de color negro, escritos en idioma español y con letras indelebles y marcadas en mayúsculas de color blanco perfectamente legibles.

3.3.13 Equipos y Accesorios de Cabina.

En la parte exterior en cada costado del frente de la cabina se tendrán espejos laterales que permitirán ver desde el asiento del conductor los costados del tren para vigilar que el cierre de las puertas se realice sin afectar a los usuarios que entren o salgan del tren. El accionamiento de los espejos laterales no invadirán el galibo de la instalación fija, replegándose cuando la velocidad del tren sea igual a 3 Km/h.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

- **Interior de la Cabina de Conducción.**

En el interior de la cabina se tendrán todos los dispositivos necesarios para la conducción del tren, estarán distribuidos en el frente del interior de la cabina, tanto en su parte superior como en el pupitre de conducción y en los costados derecho e izquierdo del pupitre. Los aparatos e instrumentos de cabina que se señalan a continuación se dan a manera informativa más no limitativa. En la etapa de revisión de diseño se presentará al S.T.C. con precisión las funciones y distribución ergonómica de estos aparatos e instrumentos más los que se consideren necesarios para cubrir eficiente y funcionalmente todos los servicios del tren.

- **Panel superior de pupitre.**

En la parte frontal superior de la cabina se localizará el panel superior de pupitre en el cual estarán dispuestos los dispositivos que no se operan con frecuencia en la conducción del tren.

  - **Timbre monogolpe.**

Un timbre se utilizará para indicar al conductor cuando todas las puertas estén cerradas, escuchándose un solo tono al oprimirse el botón de cierre de puertas del costado de servicio y hasta que la última puerta de acceso a los usuarios se haya cerrado totalmente.

  - **Señal acústica de posición del conmutador (T1) del lado del servicio de puertas.**

Esta señal se activará mientras el conmutador de operación de las puertas se tenga en una posición no autorizada por el Pilotaje Automático. Con la posibilidad de modificar por software el accionamiento o no del timbre. En la etapa de revisión de diseño se definirá el accionamiento de esta señal.

  - **Señal acústica de posición del conmutador de apertura (T2) de puertas en estación.**

Esta señal se activará mientras se tenga el conmutador de apertura automática de las puertas en la posición "MANUAL".

  - **Señal acústica de posición de conducción manual libre.**

Esta señal se activará en forma intermitente mientras se tenga el conmutador de conducción en la posición "CM" de conducción manual, alertando al conductor que en esta conducción no se tiene protección del sistema de Pilotaje Automático y la responsabilidad de la conducción del tren será únicamente del conductor.

  - **Timbre.**

El timbre se pondrá en servicio cuando uno de los dos botones de accionamiento se oprima, sin importar cuál de los botones se accione desde cualquier cabina de conducción del tren. También funcionará de forma ininterrumpida cuando cualquier palanca de emergencia haya sido accionada del salón de pasajeros o de la

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

cabina, sin importar la velocidad del tren, cesará su operación hasta que haya sido restablecida la o las palancas accionadas con anterioridad.

- **Bloque de preparación del material.**

En este bloque se tendrán los botones de encendido EN (de color verde) y apagado del tren FS (de color rojo), el botón EN se utilizará para encender el tren cuando haya alta tensión o bien cuando no está presente la alta tensión, el encendido del tren en baja tensión se logrará colocando en la cabina el conmutador de puertas (T1) en una de las posiciones de servicio y se oprima el botón EN. El botón FS se utilizará para el apagado del tren, esta maniobra no funcionará si algún conmutador de traspaso de batería y de corriente alterna se tenga en la posición "DIRECTO".

- **Conmutador de apertura directa.**

El conmutador de apertura directa de las puertas se utilizará cuando no se logre la apertura de las puertas de acceso a los usuarios, para ello se accionará el conmutador y previamente se haya comandado la preparación de la apertura de las puertas.

- **Conmutador de apertura automática de las puertas en estación (T2).**

El servicio de apertura de las puertas en los andenes será automático o manual y será seleccionado por el conmutador de apertura automática de las puertas, el cual tendrá tres posiciones: "AUTOMÁTICO" en la posición inferior y "MANUAL" a los costados.

Para la validación de la apertura manual de puertas a cada costado existirá un botón de confirmación de servicio manual de puertas, la posición de este botón será determinada en la etapa de revisión de diseño.

- **Conmutador de alimentación directa.**

El conmutador de alimentación directa contará con tres posiciones "DIRECTA" al lado derecho e izquierdo del mismo y "NORMAL" en su posición inferior. Este conmutador permitirá en casos excepcionales, alimentar directamente el hilo de conducción (bucle de seguridad), cuando la continuidad del mismo se pierda, esto es válido solamente en el modo de conducción manual. La conducción del tren será bajo la total responsabilidad del conductor, ya que así quedan inactivas las palancas de emergencia del salón de pasajeros y el funcionamiento del relevador electroneumático que vigila el valor de presión en el conducto de equilibrio.

- **Conmutador de socorro-descompostura.**

El conmutador de socorro-descompostura contará con tres posiciones "SOCORRO" al lado izquierdo, "DESCOMPOSTURA" al lado derecho y "NORMAL" en su posición inferior.

Cuando dos trenes sean acoplados para formar un convoy excepcional, equivalente al de dos trenes acoplados, en caso de descompostura de un tren, el conmutador de socorro-descompostura se utilizará para asegurar la

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

continuidad de ciertos circuitos de uno a otro tren, con la finalidad de obtener el control del frenado sobre todo el convoy.

- **Conmutador de marcha emergente.**

Referirse a numeral *3.4.10 "Aparatos de Mando y Control"*

- **Conmutador de maniobra.**

Referirse a numeral *3.4.10 "Aparatos de Mando y Control"*

- **Conmutador de volumen del radioteléfono.**

Referirse al numeral *4.2 "Telefonía de trenes"*

- **Altavoz del radioteléfono.**

Referirse al numeral *4.2 "Telefonía de trenes"*

- **Altavoz de megafonía.**

A través de este altavoz se escuchará la voz del conductor que se encuentre en la cabina opuesta del mismo tren o de algún usuario que haya accionado previamente una palanca de emergencia del salón de pasajeros.

- **Botón del Lavaparabrisas.**

Al oprimirse el botón del aspersor se alimentará la motobomba que permitirá el lavado del parabrisas, y al mismo tiempo accionara durante dos ciclos el limpiaparabrisas

- **Interruptor del limpiaparabrisas.**

El interruptor del limpiaparabrisas pondrá en servicio continuo el motor eléctrico del limpiador del parabrisas. Este permitirá seleccionar 2 velocidades; una intermitente con espacio de 4 seg., y otra de operación continua.

➢ **Panel izquierdo de pupitre.**

En el panel izquierdo del pupitre se tendrán las principales protecciones magnetotérmicas de la conducción y operación de las puertas del tren (los cuales estarán debidamente protegidos para evitar su accionamiento accidental o provocado), así como también los conmutadores siguientes:

- **Conmutador de tiempo lluvia.**

Este conmutador constará de dos posiciones: "NORMAL" en la parte superior y "LLUVIA" en la parte inferior. En caso de tiempo lluvioso este conmutador se utilizará en la posición "LLUVIA" para reducir las posibilidades de

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

patinaje a la Tracción o deslizamiento en frenado eléctrico, disminuyendo la aceleración del tren en cualquier modo de conducción, y además, dicha información se transmitirá al equipo de Pilotaje Automático para que éste efectúe las correcciones necesarias y disminuya el valor de velocidad y aceleración autorizada en los modos automáticos de conducción.

- **Conmutador de iluminación de cabina.**

Este conmutador constará de dos posiciones: "PRENDIDO" en la parte superior y "APAGADO" en la parte inferior. Se utilizará para lograr el control de iluminación de la cabina; su encendido solo se tendrá en la cabina que tenga tomados los mandos.

- **Conmutador de ventilación de cabina.**

El conmutador constará de tres posiciones: "ALTA" en la parte superior, "APAGADO" en la parte inferior y "BAJA" a la izquierda, se utilizará para regular la velocidad del motor de la ventilación de la cabina. El ventilador de la cabina será alimentado solo cuando se tengan tomados los mandos en la cabina.

- **Conmutador de luces de identificación.**

Este conmutador constará de tres posiciones: "LUZ FIJA" al lado izquierdo, "APAGADO" en la parte inferior e "INTERMITENTE" al costado derecho. Las luces de identificación del tren serán de color amarillo en la parte superior del parabrisas a cada costado del indicador de destino, además permitirá llamar la atención de los conductores o de los usuarios en casos especiales, ya sea de un tren desalojado en su posición "LUZ FIJA". En la conducción manual libre se encenderán automáticamente en forma intermitente o bien manualmente en la posición "INTERMITENTE" cuando sea el último tren de servicio.

- **Monitor de Videovigilancia (CCTV).**

Este monitor será colocado de tal manera que permita al conductor visualizar las imágenes cuando así lo desee y automáticamente en caso de emergencia cuando haya sido accionado un conmutador de emergencia en el interior de los carros, así mismo no interferirá con las maniobras y campo visual requerido en la operación normal del tren. En la etapa de revisión de diseño se definirá la ubicación definitiva de este monitor.

- **Pupitre de cabina.**

En el pupitre de la cabina se localizarán los dispositivos y señalizaciones que se utilicen con frecuencia en la conducción del tren y se encontrarán al alcance del conductor. Se mencionan los siguientes de manera informativa más no limitativa:

- **Botón del timbre.**

El timbre se pondrá en servicio cuando uno de los botones se oprima, se tendrán dos botones uno en cada costado del pupitre.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

- **Monitor de cabina.**

En el monitor de cabina se mostrará la señalización del funcionamiento de los equipos del tren (advirtiendo al conductor cuando algún equipo se encuentre en falla), las ayudas a la conducción y al mantenimiento, el cual estará vinculado con la informática embarcada del tren, la pantalla estará protegida adecuadamente para evitar el daño por cualquier impacto y por derrame de algún líquido. También indicará la formación del tren, la hora y fecha. Las pantallas serán a color del tipo touch-screen que permita buena visibilidad aún con la luz del día, serán de uso rudo, hermético y antivandálico.

- **Caja de señalización.**

Señalizaciones luminosas a base de LED`s que indican los parámetros más importantes de operación del tren, se señalan a continuación algunas de las más importantes a titulo informativo más no limitativo.

1. Todos los carros bloqueados.
2. Motocompresor en falla.
3. Equipo de Antibloqueo en falla.
4. Lubricador de pestaña en falla.
5. Puerta o puertas abiertas.
6. Freno de estacionamiento aplicado.
7. No desbloqueado
8. No carga batería
9. Marcha maniobra
10. Carro motor fuera
11. Freno eléctrico inactivo
12. Corriente cortada
13. 1er carro motor inactivo
14. 2o carro motor inactivo
15. 3er carro motor inactivo
16. 4o carro motor inactivo
17. 5o carro motor inactivo
18. 6o carro motor inactivo (dependiendo de la propuesta)
19. Todos los carros desbloqueados
20. Enclavamiento de puertas
21. Suspensión en falla
22. Informática en falla
23. PA no disponible
24. CMC no disponible
25. Pantógrafos activos.
26. Conmutadores accionados en cabina trasera

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

Las informaciones antes citadas serán enviadas a la caja de señalización a través de líneas de tren y serán independientes de las enviadas a través del bus de datos de la informática embarcada del tren. Las señalizaciones y el color de cada señalización será acordada entre el S.T.C. y Alstom en la etapa de revisión de diseño.

- **Conmutador de conducción (C).**

Este conmutador constará de cuatro posiciones: "FS" al costado izquierdo, "CMC" en la parte superior, "PA" en la parte inferior y "CM" al costado derecho. El conmutador se utilizará para definir el modo de conducción.

a) Conducción "PA", para obtener la conducción de pilotaje automático se colocará el conmutador "C " en la posición "PA" y en esta condición el control del tren será asumido por el equipo de pilotaje automático y el único mando que podrá efectuar el conductor para detener el tren será a través del manipulador en la posición "FU" (frenado de urgencia). En este modo de conducción la apertura de las puertas será vigilada por el pilotaje automático cuando se tenga el conmutador en la posición SAS.

b) Conducción "CMC", para tener esta conducción se colocará el conmutador "C" en la posición "CMC" y en esta condición, la tracción y el frenado del tren serán aplicados por el conductor mediante el accionamiento del manipulador, teniéndose una vigilancia continua a través del equipo ATP del Pilotaje Automático, teniendo la misma seguridad que en conducción "PA".

c) Conducción Manual Libre, para tener esta conducción se colocará el conmutador "C" en la posición "CM", el conmutador de sentido de marcha en la posición "ADELANTE" o "ATRÁS", según se requiera y el conmutador de disyuntores en la posición "DISYUNTORES", en esta condición, los mandos del tren serán tomados por el conductor mediante el accionamiento del manipulador y se obtendrá la tracción máxima de T2, limitándose la velocidad a 35 Km/h en marcha adelante y 18 km/h en marcha atrás, sin otro dispositivo de seguridad más que el dispositivo de hombre muerto. Esta será la única conducción en la que se podrá escoger el sentido de marcha.

Para mayor información respecto a las características de los diferentes modos de conducción consultar el numeral *4.1 "Pilotaje Automático"*.

- **Botón de pruebas.**

El botón de pruebas estará identificado con la leyenda "PROBADOR DE LÁMPARAS", al oprimirlo encenderán todas las señalizaciones ópticas de la cabina para verificar que se encuentren en buen estado.

- **Botón de sustitución del dispositivo de hombre muerto.**

El botón de sustitución del dispositivo de hombre muerto estará identificado con la leyenda "SUSTITUCIÓN DEL DISPOSITIVO DE HOMBRE MUERTO", al hacer contacto el conductor sobre este botón hará la misma función del dispositivo de hombre muerto del manipulador y solo tendrá efecto en caso de falla de este último

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

- **Conmutador de faros de halógeno.**

El conmutador de los faros constará de tres posiciones: "LUCES ALTAS", "LUCES BAJAS" y "APAGADO".

- **Palanca de accionamiento de los advertidores sonoros (bocinas).**

El funcionamiento de los advertidores sonoros se efectuará accionando cualquiera de las dos palancas de mando, las cuales se tendrán en cada costado del pupitre debiendo estar cercanas al conductor para su fácil manipulación, se podrá poner en funcionamiento sin importar que se tenga encendido el tren o no. La palanca será del tipo inestable de tres posiciones: "BAJA INTENSIDAD", "NEUTRO" y "ALTA INTENSIDAD".

- **Micrófono del radioteléfono.**

Referirse al numeral *4.2 "Telefonía de Trenes"*.

- **Conmutador del lado de servicio (T1) de las puertas.**

Este conmutador constará de cuatro posiciones: "NEUTRO" en la parte inferior, "IZQUIERDA" al costado izquierdo, "AMBAS" en la parte superior y "DERECHA" al costado derecho. Servirá para seleccionar el lado de servicio de las puertas, ya sea a la derecha, a la izquierda o ambos lados.

- **Lámpara de ocupación del conmutador del lado de servicio de las puertas.**

La lámpara de ocupación se encenderá cuando este conmutador se ponga en cualquier posición de servicio.

- **Bloque de puertas del lado izquierdo.**

Se tendrá un bloque de control de puertas del lado izquierdo, al lado izquierdo del pupitre, que contendrá un conmutador de apertura de las puertas, una lámpara de puertas abiertas y otra de puertas cerradas, el botón de anuncio de cierre de puertas (de color amarillo) y el botón de cierre de puertas (de color azul).

- **Anuncio y cierre de puertas del lado izquierdo.**

Estando el tren detenido, el conductor mandará el cierre de las puertas del lado izquierdo para la salida del tren, al oprimir el botón de anuncio de cierre se alimentará la señal luminosa y auditiva del anuncio de salida del lado de servicio y al oprimir el botón de cierre, también del lado que está en servicio, se alimentarán los circuitos del cierre de puertas, obteniéndose la señal de puertas cerradas y enclavadas y el manipulador de la cabina de mandos este en una posición de neutro o frenado de servicio.

- **Conmutador de apertura de puertas del lado izquierdo.**

El conmutador de apertura de las puertas del lado izquierdo constará de tres posiciones: "APERTURA" en la parte superior, "ANULACIÓN APERTURA" en la parte inferior. La posición "APERTURA" será inestable y servirá para realizar la apertura de las puertas del lado izquierdo y se manipulará cuando el conductor prevea una parada en la

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

estación, las puertas del lado izquierdo se abrirán al paro del tren. La posición intermedia será estable, siendo esta la posición habitual del conmutador. La posición inferior será inestable y servirá para anular la apertura de las puertas del lado izquierdo. Si el conductor desea cancelar la apertura de las puertas, accionará el conmutador hacia la posición "ANULACIÓN APERTURA", obteniéndose nuevamente el enclavamiento de las puertas.

- **Lámpara de puertas abiertas del lado izquierdo.**

Se tendrá una lámpara de color rojo que indicará que al menos una puerta del lado izquierdo se abre o está abierta a una distancia mayor a 3 milímetros, estará en funcionamiento en la cabina con los mandos y en cualquier modo de conducción.

- **Lámpara de puertas cerradas del lado izquierdo.**

Se tendrá una lámpara de color verde que indicará que todas las puertas del lado izquierdo estén totalmente cerradas y enclavadas, estará en funcionamiento en la cabina con los mandos y en cualquier modo de conducción.

- **Bloque de puertas del lado derecho.**

Se tendrá un bloque de control de puertas del lado derecho, al lado derecho del pupitre, que contendrá un conmutador de apertura de las puertas, una lámpara de puertas abiertas y otra de puertas cerradas, el botón de anuncio de cierre de puertas (de color amarillo) y el botón de cierre de puertas (de color azul).

- **Anuncio y cierre de puertas del lado derecho.**

Estando el tren detenido, el conductor mandará el cierre de las puertas del lado derecho para la salida del tren, al oprimir el botón de anuncio de cierre se alimentará la señal luminosa y auditiva del anuncio de salida del lado de servicio y al oprimir el botón de cierre, también del lado que está en servicio, se alimentarán los circuitos del cierre de puertas, obteniéndose la señal de puertas cerradas y enclavadas y el manipulador de la cabina de mandos esté en una posición de neutro o frenado de servicio.

- **Conmutador de apertura de puertas del lado derecho.**

El conmutador de apertura de las puertas del lado derecho constará de tres posiciones: "APERTURA" en la parte superior, "ANULACIÓN APERTURA" en la parte inferior. La posición "APERTURA" será inestable y servirá para realizar la apertura de las puertas del lado derecho y se manipulará cuando el conductor prevea una parada en la estación, las puertas del lado derecho se abrirán al paro del tren. La posición intermedia será estable, siendo esta la posición habitual del conmutador. La posición inferior será inestable y servirá para anular la apertura de las puertas del lado derecho. Si el conductor desea cancelar la apertura de las puertas, accionará el conmutador hacia la posición "ANULACIÓN APERTURA", obteniéndose nuevamente el enclavamiento de las puertas.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

- **Lámpara de puertas abiertas del lado derecho.**

Se tendrá una lámpara de color rojo que indicará que al menos una puerta del lado derecho se abre o está abierta una distancia mayor a 3 milímetros, estará en funcionamiento en la cabina con los mandos y en cualquier modo de conducción.

- **Lámpara de puertas cerradas del lado derecho.**

Se tendrá una lámpara de color verde que indicará que todas las puertas del lado derecho estén totalmente cerradas y enclavadas, estará en funcionamiento en la cabina con los mandos y en cualquier modo de conducción.

- **Odómetro-velocímetro.**

A través de una pantalla se mostrará la velocidad, la distancia recorrida del tren y la hora. Solo estará en operación la pantalla de la cabina que tenga tomada la conducción. Consultar el numeral *3.10 "Registrador Electrónico de Eventos"*.

- **Micrófono de megafonía.**

La emisión de la voz del conductor se hará por medio de un micrófono del sistema de megafonía, ya sea para la comunicación entre las dos cabinas de un tren, para emitir los anuncios a los usuarios relativos al servicio o bien para establecer la comunicación con el usuario que haya accionado la palanca de emergencia. Consultar el numeral *3.9 "Sistema de Comunicación"*.

- **Platina de control de megafonía**

Dicha platina permitirá al conductor el control de la megafonía y la señalización de su estado

- **Platina de control de video-información**

Dicha platina permitirá al conductor el control de la video-información y la señalización de su estado.

- **Conmutador de sentido de marcha.**

Este conmutador constará de tres posiciones: "ADELANTE" en la parte superior, será estable y permitirá la conducción del tren hacia adelante, la posición intermedia será estable, siendo esta la posición habitual del conmutador y "ATRÁS" en la parte inferior, será estable y permitirá la conducción del tren hacia atrás, este conmutador solo será utilizado en la conducción manual libre. Este conmutador será de un tamaño suficiente que permita una fácil identificación de su posición.

- **Conmutador de control de los disyuntores.**

Este conmutador constará de tres posiciones "INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS" en la parte superior, que permitirá la alimentación de los disyuntores de las motrices, la posición intermedia será estable y "PRUEBAS A

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

BAJA INTENSIDAD" en la parte inferior, permitirá la realización de las pruebas de funcionamiento de los equipos de tracción y frenado aplicando una mínima cantidad de corriente en los motores de tracción. Este conmutador solo será utilizado en la conducción manual libre.

- **Manipulador.**

El manipulador de la cabina será del tipo deslizable y permitirá al conductor, en las conducciones CMC y CM el mando de tracción y frenado del tren. Para obtener el avance del tren y estando el manipulador sobre la posición "NEUTRO", el mando de los circuitos de tracción de todas las motrices se obtendrá accionando la manivela hacia delante. El manipulador poseerá cinco grados de tracción de mando continuo. Estando el manipulador sobre la posición "NEUTRO", el mando de los circuitos de frenado se obtendrá accionado la manivela hacia atrás. El manipulador poseerá seis grados de frenado de mando continuo y un grado de frenado de urgencia FU. Una marca indicará cada posición del manipulador, cuando se haya llegado a la posición T5 o FU, un tope impedirá el movimiento hacia adelante y atrás, respectivamente. Así mismo el manipulador estará equipado con un dispositivo de hombre muerto (H.M.) de fácil accionamiento para el conductor y activado al tacto. No se aceptará ningún dispositivo de hombre muerto que para su accionamiento requiera ser oprimido o levantado. Tendrá la posibilidad de programar su accionamiento intermitente, además contará con una advertencia acústica y visual para solicitar el accionamiento, los detalles al respecto se definirán en la revisión de diseño.

- **Panel derecho de pupitre.**

En el costado derecho del pupitre de la cabina se tendrán los medidores de baja tensión de CD regulada, presión de frenado y del conducto de equilibrio.

- **Voltímetro.**

La tensión de la alimentación de baja tensión directa será medida por un voltímetro analógico.

- **Manómetro del cilindro de freno.**

La presión neumática comandada por la unidad de frenado del carro con cabina será medida por el manómetro analógico.

- **Manómetro del conducto de equilibrio.**

La presión en el conducto de equilibrio será vigilada por el manómetro analógico conectado al conducto de equilibrio.

En la etapa de revisión de diseño el S.T.C. y Alstom definirán a detalle las características y ubicación exacta de todos los aparatos y equipos de cabina.

En la fase de revisión de diseño se presentará al S.T.C. una simulación dinámica de la cabina en 3D, con la disposición de todos los elementos que la componen, para la validación de la propuesta.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

3.4 *Sistema de Tracción-Frenado Electrico.*

El equipo de tracción-frenado propuesto atendrá totalmente los requerimientos establecidos en la especificación de el S.T.C., particularmente aquellos relacionados con el desempeño de los trenes, la fiabilidad, la mantenibilidad, la disponibilidad y la seguridad, así como brindar el mayor ahorro energético y menores costos de mantenimiento.

Este sistema se detalla en el Anexo 1F adjunto.

Los equipos eléctricos de potencia estarán diseñados para trabajar con una tensión nominal de 1500 VCD. Cada carro motor estará dotado de los elementos de captación de energía de forma que no haya paso de alta tensión de una a otra motriz.

El equipo de tracción-frenado, corresponderá a tecnología asíncrona, a base de semiconductores de potencia IGBT de última generación y el equipo de control basado en microprocesadores.

El frenado eléctrico regenerativo estará concebido para obtener la máxima recuperación de energía, por lo que será enviada a la alimentación de alta tensión toda la energía eléctrica que ésta admita durante el frenado eléctrico. En caso de que la receptividad de la línea sea reducida o nula el frenado reostático tendrá la capacidad de disipar el 100 % de la energía máxima procedente del frenado eléctrico, asimismo se combinará o se conmutará automáticamente de uno a otro sin influencia cinemática alguna en cualquier momento de la fase de frenado.

El tren tendrá dos modos de conducción:

- El modo de conducción por velocidad prefijada comandada por el Pilotaje Automático, quien determinará automáticamente el modo de trabajo (tracción, neutro o frenado). El equipo de Tracción Frenado interactuará con el sistema de Pilotaje Automático y serán compatibles. Referirse al numeral *4.1. "Pilotaje Automático"*

- El modo de conducción manual en el que el conductor elige la operación de tracción, freno o neutro.

En conducción manual el equipo de tracción-frenado será controlado por el manipulador a través de un mando continuo, éste será sustituido en la conducción automática por el equipo de Pilotaje Automático. Dicho mando será totalmente independiente de la red informática, aislado eléctricamente con respecto a los demás mandos de control.

En caso de avería del circuito de tracción-frenado, el tren podrá continuar la marcha, con la señalización correspondiente del equipo en falla local y en cabina, debiendo indicar para todos los casos si la falla se presenta en tracción, frenado eléctrico o en ambas funciones. La anulación del sistema de tracción-frenado de cualquier carro motriz podrá realizarla el conductor desde la cabina, solamente cuando el sistema de tracción-frenado presente falla y esta sea transmitida a la informática embarcada y por personal de mantenimiento desde la parte interior del carro bajo cualquier condición.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

Cada carro motor dispondrá de su equipo de tracción (disyuntor ultrarrápido, filtro de entrada, equipos VVVF, motores de tracción, etc.) de forma que sea posible el funcionamiento del tren con varios carros motores inactivos.

El equipo de tracción estará constituido por motores trifásicos asíncronos de mínimo mantenimiento con un equipo VVVF para cada carro motriz. El disyuntor ultrarrápido conectará al equipo VVVF directamente a la Línea, sin Chopper intermedio. La tracción y el frenado se adecuarán de manera automática al estado de carga de cada uno de los carros, considerando como carga mínima el peso en vacío del carro.

En caso de falla del freno eléctrico o a baja velocidad (nunca superior a 5 Km/h), éste será sustituido automáticamente por el freno neumático y con el mismo esfuerzo total. El sistema utilizado en la sustitución del freno eléctrico por el neumático asegurará que ningún carro del tren quede sin freno bajo ninguna circunstancia.

En lo referente a vibraciones y choques, los equipos cumplirán a la Norma **IEC 77** ó equivalente. Los materiales utilizados se apegarán a las exigencias en cuanto a resistencia al fuego y emisión de humos, contenidas en la Norma **NF F 16-101, categoría A1** (resistencia al fuego y emisión de humos) o equivalente. Los equipos en general de este sistema, de acuerdo a su función, cumplirán con el grado de protección establecido por la norma **IEC 60529**.

3.4.1 Características Generales.

Todos los componentes pertenecientes a circuitos electrónicos responderán a las especificaciones **UIC y CEI** o normas internacionales equivalentes. Asimismo, se entregará 3 meses antes de la puesta en servicio del primer tren, la descripción detallada de las características técnicas de todos los componentes eléctricos y electrónicos, incluyendo los fabricantes, con sus respectivos diagramas eléctricos y mecánicos, el firmware y software de aplicación correspondiente, y la documentación relativa al control de calidad de los mismos.

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

- Ayuda al mantenimiento del tren con conexión a la informática embarcada.
- Realización de la autoprueba del mando y potencia a través de la informática embarcada del tren.
- Comunicación permanente con la red del sistema de la informática embarcada del tren, que permita el diagnostico en tiempo real sobre los módulos o funciones con falla del equipo de tracción-frenado.
- Visualización del desempeño del sistema de tracción-frenado en el monitor de la cabina de conducción.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

- Ayuda al mantenimiento por medio de una computadora portátil que se conecte al mando del equipo de tracción-frenado, así como también en el panel del compartimiento de pasajeros mediante puertos USB, que permita:

    - Visualizar los resultados de la autoprueba, indicando los estados de las señales de entrada y salida.

    - Mostrar información de los módulos, funciones y elementos en falla.

    - Configurar, visualizar y mostrar todos los niveles de detalle de la información gráfica en la pantalla, sobre el funcionamiento del equipo y además para ayudar a determinar la causa de la falla.

    - Visualización en tiempo real de los eventos de la operación del equipo sin afectar su registro en memoria ni otras funciones.

Se efectuará una construcción modular con unidades funcionales separadas, cableados y conexiones entre ellos por tomas independientes.

3.4.2 Condiciones Generales de Funcionamiento.

Los equipos propuestos atendrán a las condiciones extremas de operación en las que circularán los trenes, así como cumplir satisfactoriamente las características de operación que se señalan en la presente especificación para la tracción y el frenado.

Los equipos propuestos, serán capaces de trabajar con un sistema de pilotaje automático, para lo cual se garantizará la compatibilidad entre su sistema y el pilotaje automático cuando operen en conjunto durante el funcionamiento de los trenes. (Ver numeral *4.1" Pilotaje Automático")*

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

Para demandas de desaceleraciones mayores que las que pueda proporcionar el frenado eléctrico, se utilizará complementariamente el frenado neumático.

En caso de motrices parcial o totalmente inactivas al frenado eléctrico, el esfuerzo equivalente de frenado será compensado con freno neumático. Para mayor detalle respecto al frenado referirse al numeral 2.10.2 Tracción y Frenado.

Todas las estructuras de las cajas del disyuntor ultrarrápido de línea, equipo de control y de potencia, reactor de filtro y de las resistencias empleadas, estarán al mismo potencial del bastidor del carro.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

- **Operación de la característica de antipatinaje y antideslizamiento.**

A la tracción y durante el frenado eléctrico, el control del sistema de tracción-frenado debe vigilar y regular permanentemente el esfuerzo sobre las ruedas de acuerdo a la adherencia existente, sin que se inactiven las motrices; y en caso de ocurrir un deslizamiento o patinaje, se aplique la reducción del torque del motor inmediatamente para que la corriente en los motores tenga la corrección en un intervalo menor a 100 milisegundos.

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

El sistema de tracción-frenado detectará 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 optima en la zona de pseudodeslizamiento.

Se debe prever en la cabina la inclusión de un conmutador denominado "KNR" para que se accione en forma manual a la posición "tiempo lluvia" cuando se tengan condiciones de baja adherencia, el cual debe enviar una información a la lógica del sistema tracción-frenado, para limitar la magnitud del par en los motores y reducir el nivel de aceleración, tomando en cuenta que los circuitos de detección y control de patinaje-deslizamiento serán muy veloces en dichas funciones, para realizar los ajustes de los límites de la adherencia de los materiales en contacto en condiciones de lluvia. Los niveles a los cuales debe reducirse el nivel de aceleración con la manipulación del conmutador "KNR", serán de tal forma que garanticen la adherencia dentro de los límites adecuados para la tracción con ruedas y rieles mojados, en la etapa de revisión de diseño será definido el valor de aceleración que cumpla con este requerimiento, en las pruebas del tren prototipo se verificará su cumplimiento. Existirá la posibilidad de hacer reajustes por software al valor especificado de aceleración de acuerdo a las condiciones que encuentren durante las pruebas.

3.4.3 Influencia Sobre las Instalaciones Eléctricas Exteriores.

Las frecuencias de trabajo del sistema de tracción-frenado, no afectarán a otros equipos del tren ni a las instalaciones fijas, ni serán afectados por las influencias electromagnéticas del mismo y propias del servicio, o de procedencia externa. Para ello se calculará y suministrará el filtro adecuado para evitar las perturbaciones.

El filtro estará constituido por un circuito "LC" que protegerá al circuito de potencia contra variaciones bruscas de la corriente y tensión. El condensador del filtro será constituido mediante un arreglo conveniente de condensadores en envases herméticos y montados de tal manera que permitan evitar los esfuerzos generados por los estados de temperatura a que estén sometidos. El tiempo de descarga de los condensadores del filtro de 1500 a 50 Volts será inferior a 180 segundos después de apagar el tren.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

3.4.4 Sistema de Enfriamiento.

Todos los componentes del equipo de tracción-frenado serán enfriados eficientemente y operarán correctamente bajo todas las condiciones de temperatura del medio ambiente de la línea 12, tanto en superficie como en túnel, no se admite la utilización de semiconductores inmersos en fluidos para su enfriamiento.

3.4.5 Resistencias de Freno Reostático.

Con objeto de optimizar la vida útil de todos los componentes del sistema de frenado neumático independientemente de la receptividad de la línea, las resistencias de freno reostático estarán dimensionadas para un régimen de servicio ferroviario y su capacidad absorberá el 100 % del esfuerzo máximo de frenado eléctrico (con carga normal), desde una velocidad de 80 Km/h, cuando por cualquier causa no hubiera frenado eléctrico regenerativo.

3.4.6 Disyuntor Ultrarrápido.

El sistema de tracción-frenado contemplará la inclusión de un disyuntor ultrarrápido, cuya capacidad será adecuada para la alimentación, protección del circuito y de los semiconductores de potencia.

El disyuntor ultrarrápido permanecerá cerrado ante los cambios de tracción, neutro y frenado, después de su inicialización sólo abrirá cuando exista una anomalía en el funcionamiento del sistema de tracción-frenado o en la alimentación en alta tensión.

Los disyuntores empleados serán de mando electromagnético y de un modelo totalmente probado en el campo ferroviario. La alimentación será con la tensión de batería y trabajarán adecuadamente entre los rangos de tensión establecidos para la baja tensión.

Las conexiones de alta tensión y los contactos auxiliares de estos dispositivos, estarán protegidos contra agentes exteriores mediante tapas herméticas de material plástico transparente ignífugo y de fácil acceso.

No requerirá ser desmontado el disyuntor para la revisión, limpieza sistemática o cambio de los contactos principales y auxiliares. Estos contactos serán totalmente accesibles sin que sean desmontados ni afectados los equipos adyacentes.

Las cámaras de extinción de arco serán fácilmente desmontables para la revisión de los contactos principales, no admitiéndose la utilización de asbesto u otro material contaminante. Todos los dispositivos mecánicos de corte, de conmutación y de aislamiento estarán colocados en una misma caja. El cofre del disyuntor será accesible para su limpieza por los costados y parte inferior.

La velocidad de apertura y la capacidad de los contactos aislarán cualquier falla ocurrida después de su punto de conexión sin dañar ninguno de los equipos de tracción. Los contactos y circuitos auxiliares de baja tensión estarán debidamente aislados de la alta tensión, garantizando plenamente el aislamiento eléctrico ante una falla en los circuitos de alta tensión.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

3.4.7 Componentes del Equipo Eléctrico de Potencia.

Los componentes eléctricos se ajustarán a las especificaciones de la Norma **UIC 616-0** ó equivalente.

La vida media de los contactos eléctricos de ruptura será de al menos 450 ,000 Km.

Los aparatos eléctricos se ventilarán eficientemente. El diseño del equipo evitará la entrada de agentes exteriores tales como agua y polvo, de acuerdo al grado de protección requerido, además se debe evitar el desmontaje de los equipos para la realización del mantenimiento preventivo.

Los semiconductores de potencia serán del tipo IGBT con circuito de protección de temperatura y sobrecorriente, ambos incluidos en tarjetas externas montadas sobre el semiconductor y serán de última generación.

3.4.8 Protecciones y Seguridades.

El sistema contará con los dispositivos de medición y protección para asegurar el buen funcionamiento del equipo y facilitar su mantenimiento. Los detectores respectivos serán de aislamiento galvánico entre los circuitos de alta y baja tensión. Cualquier falla será aislada por acción directa de los circuitos de control o del disyuntor ultrarrápido.

En caso de cualquier falla el circuito de control protegerá al equipo de tracción-frenado inactivándolo totalmente y en caso de que se requiera se abrirá el disyuntor ultrarrápido.

Todas las averías del equipo de tracción-frenado se señalizarán, almacenarán y se transmitirán al sistema de informática embarcada, estas informaciones servirán a la operación y a la ayuda del mantenimiento.

La lógica de control estará protegida contra el eventual contacto de la alimentación de alta tensión, por lo que no existirá la posibilidad de que los circuitos de control sean expuestos a la alta tensión.

Para baja tensión todas las protecciones estarán constituidas por interruptores magnetotérmicos con accionamiento automático y manual, de respuesta adecuada a la función a proteger, se instalarán en el interior del cofre, fácilmente accesibles al personal de mantenimiento, para su rearme.

La propuesta del sistema de control de los equipos VVVF tomará en cuenta que al presentarse el fenómeno de patinaje o deslizamiento de las ruedas, o bien al existir diferencias de diámetro en las ruedas entre los ejes de un mismo bogie, no afecten el funcionamiento del sistema de tracción-frenado ni de la transmisión, previendo que no habrá sobrecarga a los componentes del reductor debido a una transferencia de par motor.

Se considerará la protección que prevea un par motor excepcionalmente alto para proteger a los componentes de la cadena cinemática en caso de corto circuito asimétrico del equipo de tracción frenado.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

Alstom presentará al S.T.C., en la etapa de revisión de diseño, una descripción completa de todas las protecciones eléctricas y electrónicas que se empleen en el sistema de tracción-frenado con su respectiva justificación técnica, anexando los diagramas que muestren las protecciones e indiquen las características de funcionamiento.

3.4.9 Sistema de Control y Señalización.

Los equipos electrónicos de control del sistema de tracción serán diseñados y construidos utilizando tecnología de microprocesadores de última generación, cumpliendo el protocolo de comunicación con otros equipos informáticos, apegándose al protocolo de comunicación TCN, serial o equivalente, con funciones de autodiagnóstico, y además, estarán concebidos para realizar las funciones de registro y memorización de información, indicando condiciones en las que se presentaron las anormalidades previas, durante y posteriores al evento, así como la hora y la fecha del mismo, con capacidad mínima de almacenamiento equivalente a 15 días de servicio.

Función de autodiagnóstico en forma automática y a petición manual, mediante la cual se compruebe el funcionamiento de los circuitos de control y de potencia, indicando los resultados a través del monitor en cabina o por medio de una computadora portátil.

Visualización en tiempo real de los eventos sin afectar su registro en memoria ni otras funciones, para tal motivo se instalará un puerto USB por inversor, accesible en el panel del compartimiento de pasajeros de cada carro motor.

La intercomunicación con el sistema de control de tracción-frenado por medio de una computadora portátil (lap-top) se podrá efectuar directamente en forma local, por medio del puerto USB previsto en el panel de compartimiento de pasajeros. Además, a través de la red de la informática embarcada podrá establecerse la comunicación desde cada cabina de conducción a través de los dispositivos previstos para tal fin.

Comunicación amigable por medio de menús de fácil interpretación, rápido procesamiento y en idioma español.

Señalizaciones locales en el cofre del equipo en forma detallada y de manera general en cabina para indicaciones de avería del equipo.

Además de lo anterior, se cumplirá con las exigencias señaladas en el numeral 3.8 *"Informática embarcada"*.

3.4.10 Aparatos de Mando y Control.

El manipulador de la cabina será de tipo deslizable (accionamiento lineal). La posición neutro estará en la parte media de su desplazamiento. El manipulador tendrá las siguientes posiciones identificadas:

- Frenado de urgencia (FU).
- Frenado de servicio (F1 a F6).

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

- Neutro (N).
- Tracción (T1 a T5).

El paso del manipulador por cualquiera de las siguientes posiciones: FU, F6, F3, N, T1 y T5 serán apreciables al tacto por el conductor.

El manipulador estará dotado de un dispositivo de hombre muerto sensible al tacto.

El manipulador estará dotado de un dispositivo que le permita, al ser abandonado en cualquier posición de tracción, regresar al menos al grado de frenado F3, así mismo cuando se abandone en los puntos de frenado permanezca en tal posición.

La generación de las señales de mando de tracción-frenado contará con redundancia. En caso de defecto del equipo de control principal, un dispositivo automático conmutará sobre el equipo redundante. Esta conmutación se señalizará en la cabina de conducción. Cualquiera de los dos mandos (principal y redundante) asegurará la conducción normal del tren.

El frenado de urgencia se realizará por medio del manipulador a través de una línea de tren independiente del mando de tracción-frenado. La ausencia de tensión en esta línea provocará el accionamiento de éste. En complemento a las características del manipulador ver numeral *3.3.13 "Equipos y Accesorios de la Cabina"*.

- **Conmutador de marcha emergente.**

En caso de falla de la señal de mando de tracción-frenado tanto la principal como la redundante, se podrá continuar la marcha del tren comandándose la tracción y frenado a través de tres líneas de tren que permitan los siguientes grados de tracción y frenado: T3, T2, T1, N, F1, F2, F4 y F6, que permita una velocidad máxima de 35 Km/h. Por medio de un conmutador que active este tipo de marcha.

- **Conmutador de maniobra.**

Se colocará un conmutador en cabina, que permita la alimentación de los circuitos para un modo de conducción denominado "maniobra" que será empleado para la circulación de los trenes en vías secundarias, garaje, taller, maniobras de aproximación u otras, con aceleración de 0.7 m/s^2 y la velocidad máxima del tren será de 15 Km/h, con señalización para el conductor de este tipo de marcha. El accionamiento de este conmutador será registrado en el registrador electrónico de eventos del tren para su control.

3.4.11 Construcción y Montaje.

Con objeto de facilitar el mantenimiento, disminuir el peso y el volumen se efectuará una construcción modular con unidades funcionales separadas, cableados y conexiones entre ellos por tomas independientes procurando unificar los elementos funcionales que permitan su intercambiabilidad.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

Los cofres serán fabricados con materiales resistentes a la corrosión. Sus puertas y cerraduras serán fáciles de maniobrar mediante un sistema de llaves, provistas de juntas de estanqueidad e indicadores de cerrado y abierto. Las puertas permitirán total acceso a los componentes para su montaje y reemplazo por los costados del carro debiendo cumplir los requisitos en cuanto a mantenibilidad establecidos en esta especificación, y en todos los casos se garantizará su hermeticidad al agua y al polvo, el grado de protección será conforme a la norma **IEC 60529 código IP 56** ó equivalente, este grado de protección será puesto a consideración del S.T.C..

Todas las tapas laterales bajo bastidor del tren preverán la apertura en dos pasos hacia la parte inferior del cofre, el primer paso con una apertura no mayor a 25° a través de un seguro en forma de gancho, para el segundo paso se liberará manualmente el seguro para permitir el abatimiento total de la tapa, evitando que obstruya las labores de mantenimiento. Todas las tapas de los cofres bajo bastidor serán metálicas, con la robustez requerida para esta función. Cuando las tapas de los cofres laterales se abran no invadirán el gálibo de la vía. Como opción el S.T.C. podrá aceptar un diseño diferente siempre y cuando cumpla con los requerimientos de seguridad, estanqueidad, inmunidad electromagnética y mantenibilidad antes citados. Se entregará durante la fase de revisión de diseño del proyecto las características de los cofres y sus tapas, para su aprobación por parte del S.T.C..

El bastidor del cofre será lo suficientemente robusto para soportar sin problemas las condiciones de trabajo del material rodante.

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

La inductancia del filtro se colocará en la soportería bajo bastidor del carro en forma segura, es decir que el cofre descansará en los soportes del bastidor y no soportar el peso a través de la tornillería y, en todo caso, no transmitirá vibraciones a éste. Su aislamiento será clase F o superior y estará protegida contra cuerpos extraños que afecten su funcionamiento y sus bornes de conexión estarán situados en una caja unida a su estructura. Estará ventilada por convección natural.

3.4.12 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 los equipos VVVF. Sus características serán las adecuadas para conseguir que los trenes circulen en las condiciones previstas en esta especificación y de forma que la recuperación de energía sea óptima en toda la gama de velocidades hasta 5 km/h.

- **Construcción y Montaje.**

La fijación del motor, cumplirá con los requerimientos de seguridad y fácil accesibilidad para su mantenimiento.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

Los motores estarán provistos de una caja con bornes que permita las conexiones con el equipo de potencia y control.

El sistema de ventilación estará diseñado de tal forma que evite la llegada de agua y polvo al interior de los motores.

El motor de tracción estará concebido para garantizar su mantenimiento mayor (over haul) cada 750,000 Km.

La vida útil de los rodamientos será de al menos 750,000 Km. El intervalo mínimo para el cambio de grasa será de 750,000 Km, siendo posible la recarga de la misma a 375,000 Km.

Asimismo, se preverá en éstos un sistema de sujeción para el traslado por medio de un polipasto. Los motores de tracción serán sometidos, durante la etapa previa a la producción, a los ensayos previstos en la Norma **CEI 349** ó equivalente.

3.5 Sistema de Antibloqueo.

- El sistema de antibloqueo de las ruedas aprovechará al máximo la adherencia disponible mediante una reducción y restablecimiento controlado de la fuerza de frenado, a fin de evitar que los ejes se bloqueen o se deslicen descontroladamente, con lo que se optimiza la distancia de paro del tren. El sistema de antibloqueo no alterará las características funcionales de los frenos. Bajo todas las condiciones de operación (lluvia, nivel de adherencia de la rueda-riel, carga, etc.) el tren respetará las desaceleraciones establecidas para cada grado de frenado y en particular la establecida para el frenado de urgencia (FU), ya sea este último comandado por el sistema de Pilotaje Automático (ATO-ATP), o por el conductor por medio del manipulador.

- La velocidad de rotación de los ejes se calculará a partir de la información aportada por sensores de velocidad y se controla mediante un sistema automático. Este equipo transmitirá órdenes a las válvulas del sistema de antibloqueo para reducir o restablecer el esfuerzo de frenado, total o parcialmente.

- El sistema tendrá en cuenta las diferencias permitidas en el diámetro de las ruedas del carro.

- El suministro de energía eléctrica al sistema de antibloqueo se proporcionará cuando se encienda el tren, el valor mínimo de operación será de 52.5 VCD. En caso de falla del sistema de antibloqueo no se afectará el sistema de frenado neumático del tren debiéndose obtener los grados comandados, así mismo se señalizarán en el monitor de cabina, cualquier anomalía en este sistema, quedando registrado en el sistema informático de señalización y registro.

- La instalación del sistema de antibloqueo/control de freno de servicio tendrá sus propios circuitos de protección. Los magnetotérmicos serán independientes de los demás circuitos del carro.

- El sistema de antibloqueo estará diseñado para minimizar el consumo de aire.

- Este sistema quedará enlazado a la red de la informática embarcada del tren.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

- Los equipos de control del sistema de antibloqueo trabajarán para obtener un control óptimo en función de la carga y su diseño será tal que no se verá afectada la seguridad de los usuarios, del personal, del tren ni de las instalaciones fijas.

- Se preverán señalizaciones locales en el cofre del equipo en forma detallada y de manera general en cabina para indicaciones de avería del equipo, ubicación del carro afectado, la unidad y equipo en falla.

- La unidad electrónica de frenado controlará las electroválvulas por medio de señales eléctricas de acuerdo a la información que recibirá a través de señales de carga de la suspensión neumática, de velocidad de cada uno de los ejes y de las interfaces de gestión con el sistema de control de tracción-frenado, tanto en conducción manual como en pilotaje automático.

- En caso de que los sistemas de seguridad del tren y/o los del Pilotaje Automático comanden un frenado de urgencia (FU), el sistema de antibloqueo actuará en seguridad para permitir la detención del tren con el mínimo deslizamiento.

- La unidad neumática de frenado retroalimentará continuamente a la unidad electrónica sobre el estado funcional del sistema neumático de frenado, por medio de transductores que conviertan señales neumáticas en eléctricas y ajusten dichos cambios en los parámetros con alta fiabilidad en su información.

- Las válvulas de antibloqueo estarán ubicadas lo más cerca posible de los cilindros de freno con un adecuado acoplamiento mecánico del freno neumático.

3.6 *Sistema de Generación y Conversión de Energía.*

3.6.1 Convertidor Estático.

La energía eléctrica para los diversos sistemas y circuitos auxiliares del tren será suministrada por convertidores estáticos montados bajo los carros remolques. Estos equipos tendrán un funcionamiento independiente para que, en caso de avería de uno de ellos, los otros continuarán operando normalmente.

Las cargas de los distintos equipos del tren estarán uniformemente distribuidas (balanceadas entre los convertidores). Así mismo en caso de avería de uno de ellos el otro será capaz de abastecer los siguientes servicios del tren en corriente alterna: el ventilador de la propulsión, mitad de los ventiladores del salón de pasajeros, los compresores de aire el cargador de batería conectado a el.

Algunos sistemas del tren que serán alimentados por el convertidor estático son: las puertas de acceso a usuarios, la iluminación, ventilación del salón de pasajeros y cabina, los circuitos de control, la carga de la batería, los circuitos auxiliares y de señalización, el registrador electrónico de eventos, entre otros.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

➢ **Características Generales.**

- **Condiciones de Funcionamiento.**

Para la generación de corriente alterna y directa, se utilizarán convertidores estáticos con voltajes de salida de 220 VCA trifásico a 60 Hz y 75 VCD. La tensión con la que funcionará el convertidor estático es la proporcionada por la alimentación de alta tensión, debiendo operar satisfactoriamente en el rango de operación de la tensión de línea.

Estando el tren preparado, 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 transitoria de la alta tensión, no tendrán consecuencia alguna en el funcionamiento del convertidor.

Los convertidores funcionarán ya 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. Asimismo, los convertidores estáticos soportarán durante su funcionamiento las anomalías que se presentan de manera común en este tipo de operaciones.

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.

Las salidas de tensión de corriente directa y alterna estarán aisladas de manera galvánica de la alta tensión.

Este sistema se detalla en el Anexo 1L adjunto.

- **Características de Alimentación.**

La tensión disponible en los bornes de la batería permitirá el control y arranque del convertidor aún cuando su valor sea de 35 VDC. Asimismo, en caso de haber presencia de alta tensión podrá ser puesto en marcha el convertidor estático por sus propios medios a través de un arrancador cuando la batería se encuentre totalmente descargada, y además a través de la maniobra de traspaso de batería y corriente alterna del remolque del otro elemento, sin que influya en su desempeño normal. Como parte de las funciones de control y monitoreo se preverá en caso de falla de alguno de los convertidores las funciones de alimentación tanto en corriente directa como en corriente alterna sean automáticamente transferidas al convertidor en buen estado, las señalizaciones respectivas en el monitor de cabina y en la caja de señalización "BS". La transferencia de carga alterna de un convertidor al otro será posible con las siguientes cargas:

- sistema de tracción,
- el equipo de aire comprimido
- mitad de los ventiladores del tren y

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

- mitad de la iluminación principal

Cuando el tren se encuentre apagado la demanda de corriente de las baterías hacia el convertidor estático será nula.

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

Las características de alimentación de alta tensión que debe de cumplir el equipo serán acorde a lo indicado en el numeral *2.5. "Alta tensión de alimentación"*.

- **Filtro de Entrada.**

El filtro estará constituido por un circuito "LC". Éste estará dimensionado para soportar sobretensiones propias de una línea de tracción eléctrica.

El tiempo de descarga del condensador de filtro de entrada desde una tensión de 1500 VCD, a una tensión residual inferior a 50 VCD será en un tiempo inferior a 180 segundos.

- **Características de Salida.**

Las características de salida del convertidor estático se mantenerán independientemente de las variaciones de tensión de alimentación de alta tensión propias de una línea de tracción eléctrica de 1500 VCD, bajo todas las condiciones de carga y sobrecarga. Los valores de salida son los siguientes:

Salida para corriente alterna	
Tensión de salida:	*220 V trifásica.*
Regulación:	*± 5%*
Forma de onda:	*Senoidal*
Frecuencia:	*60 Hz ± 1%*
Distorsión armónica:	*Inferior al 5%*
Potencia de salida en régimen continuo:	*En función de las cargas consideradas.*
Factor de potencia:	*> 0.85*
Capacidad de sobrecarga:	*La que resulte necesaria en apego al cumplimiento de esta especificación.*

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

Salida para corriente continua	
Tensión nominal:	*75 VCD.*
Ondulación:	*1V pico a pico*
Potencia en régimen continuo:	*En función de las cargas consideradas*
Regulación:	*2%*
Rango para el ajuste de la tensión de carga de batería:	*En función de las cargas consideradas*
Eficiencia para tensión nominal y carga máxima:	*85% como mínimo*
Capacidad de sobrecarga:	*La que resulte necesaria en apego al cumplimiento de esta especificación.*

- **Sistema de Enfriamiento.**

Los semiconductores de potencia IGBT serán adecuadamente enfriados por ventilación forzada, tomando en cuenta en su diseño la utilización de materiales no contaminantes. Los semiconductores no podrán estar inmersos en fluido refrigerante.

- **Características de los Materiales.**

Todos los materiales eléctricos y componentes utilizados en el proyecto se someterán a la aprobación del S.T.C. durante la fase de revisión de diseño.

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 ser 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 convertidor contará con los órganos de medida y protección suficientes para asegurar el buen funcionamiento del equipo y facilitar su mantenimiento. Las protecciones estarán constituidas por detectores electrónicos, con aislamiento galvánico donde la seguridad lo requiera, entre los circuitos de alta y baja tensión.

Además, se incluirá un fusible de protección para el circuito de entrada. Estos fusibles serán de respuesta adecuada al circuito respectivo.

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

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

- ✓ 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 se apagara durante tres segundos para permitir a los diferentes circuitos regresar a sus condiciones normales de funcionamiento. Transcurrido este tiempo, arrancará nuevamente. Si la sobrecarga ha desaparecido, el convertidor seguirá funcionando normalmente; en caso contrario, se volverá a apagar durante tres segundos y posteriormente encenderá; si persiste la sobrecarga en el siguiente intento de encendido, el convertidor quedará fuera de servicio definitivamente (máximo tres intentos de encendido). Lo mismo ocurrirá en el caso de avería interna.

- ✓ Protecciones contra fallas por temperaturas elevadas.

- ✓ 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, se someter a consideración y validación del S.T.C. las protecciones aplicadas.

- o **Electrónica de Potencia.**

Los semiconductores de potencia serán del tipo IGBT con circuito de protección de temperatura y sobrecorriente, ambos incluidos en tarjetas externas montadas sobre el semiconductor y serán de reciente generación.

- o **Electrónica de Control.**

La lógica de control del convertidor empleará microprocesadores de reciente generación con función de autodiagnóstico, y estará concebida para realizar las funciones de registro y memorización de información, indicando las condiciones en las que se presentaron las anormalidades previas, durante y posteriores al evento, así como la hora y la fecha del mismo, con capacidad mínima de almacenamiento equivalente a 15 días de servicio, estará diseñada para que, por medio de un equipo portátil, se pueda verificar su funcionamiento total y detectar todas las averías del mismo, así como desde un puerto USB instalado en el panel del compartimiento de pasajeros. Además, estará conectado a la red de la informática embarcada del tren por medio de la cual se podrá acceder a través de ésta para que le informe sus fallas.

El contenido y la presentación de los datos concernientes al estado de funcionamiento del convertidor serán posteriormente acordados con el S.T.C. durante la fase de revisión de diseño.

- o **Montaje y Construcción de los cofres.**

Los cofres de los convertidores se colocarán en la soportería bajo bastidor del carro en forma segura, es decir que el cofre debe descansar en los soportes del bastidor y no soportar el peso a través de la tornillería. Serán robustos, ligeros, resistentes a las tensiones mecánicas, estáticas y dinámicas previstas y, además, totalmente herméticos al polvo y al agua, de conformidad a la norma **IEC 60529 código IP 56** ó equivalente. A excepción del

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

compartimiento donde se alojen las bobinas y transformadores. Sus puertas y cerraduras serán fáciles de maniobrar mediante una llave de tren, provistas de juntas de estanqueidad e indicadores de cerrado y abierto respectivamente. Las puertas permitirán total acceso a los componentes para su montaje y reemplazo por los costados del carro. Se preverá un sistema de apertura de dos pasos, debiendo ser el primero de seguridad.

Las tapas de los cofres atendrán a lo establecido en el numeral 3.2.2 "Estructura de la caja" referente al tema correspondiente a cofres laterales. Cuando las tapas de los cofres laterales se abran no invadirán el gálibo de la vía.

La intemperie y condiciones de servicio a que se verán sometidos los convertidores, no ocasionarán perturbación alguna en su funcionamiento ni fatiga en sus componentes.

3.6.2 Bancos de Baterías.

En cada carro remolque se instalará una batería formada por celdas recargables de níquel-cadmio sinterizadas, conectadas en serie. Este banco de baterías estará conectado en paralelo a los circuitos del tren que lo requieran. La carga de los bancos de baterías se efectuará mediante el convertidor estático, el cual permanecerá conectado en flotación, esto, mientras el convertidor estático se encuentre trabajando. Las baterías cumplirán con las normas eléctricas y mecánicas internacionales **IEC 60623, UIC 854, IEC 77.**

En el caso de 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 garantizará la alimentación del control del tren, así como la alimentación a las puertas de acceso a usuarios y de la iluminación de emergencia, durante 60 minutos como mínimo.

Las indicaciones de la polaridad y datos técnicos de fabricación, serán claras, legibles, durables y estar marcadas en relieve. Los recipientes de las celdas del banco de baterías serán fabricados conforme a la Norma **UL 94V-0** ó equivalente. Los elementos serán recargables y totalmente intercambiables.

El banco de baterías se ubicará en un bastidor de acero inoxidable que permita colocar varios acumuladores con el fin de asegurar su protección, fijación y mantenimiento. Además, tendrá un sistema que permita su deslizamiento hacia el exterior del carro para su inspección, mediante un sistema de rodamientos adecuado a esta función, se colocarán conectores seguros y robustos que permitirán desconectarla para su cambio.

Se considerará todas las protecciones con relación al bastidor, a fin de que no se produzcan accidentes o descargas anormales de las baterías. El bastidor estará protegido contra la corrosión del electrolito y permitirá el cambio fácil de una o varias celdas. Se incluirán agarraderas de manipulación que serán fijadas sólidamente, además se evitará que los tornillos, tuercas u otros elementos sobresalgan del interior de la caja.

Las baterías serán de marca reconocida, de mínimo mantenimiento, el rellenado se llevará a cabo de manera rápida y fácilmente, de un modo fiable y preciso, con un dispositivo de llenado de agua, de tal forma que todos los

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

elementos se rellenen simultáneamente desde un mismo punto. Los tapones de rellenado de los elementos no contenerán piezas móviles, lo cual permitirá un funcionamiento totalmente fiable.

La vida útil de la batería será mínima de 10 años.

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

3.7 *Generación y Distribución de Aire Comprimido.*

Comprende la generación, tratamiento, almacenamiento y distribución del aire comprimido y está integrado por motocompresores, secadores de aire, depósitos principales y auxiliares, válvulas, equipos de regulación, protecciones y accesorios para su interconexión.

La producción de aire comprimido será 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.

Las presiones de arranque y paro del compresor, serán determinadas en la etapa de revisión de diseño.

Se dispondrá de un secador de aire entre el grupo motocompresor y el tanque de almacenamiento. La apropiada selección de los componentes que se realice, garantizará un suministro de aire seco y limpio.

El diseño del sistema neumático será calculado de tal forma que se asegure que el grupo motocompresor arranque el menor número de veces posible durante su operación.

Se entregar en la etapa de revisión de diseño la descripción y los diagramas del sistema neumático que proponga, así como los cálculos de consumo de aire y la tasa de funcionamiento de cada compresor, considerando los equipos de accionamiento neumático previstos en la presente especificación; entre los que destacan: el sistema de frenado neumático, la suspensión secundaria así como el aire seco empleado en la regeneración del material adsorbente del propio secador.

3.7.1 *Unidad de Compresión de Aire.*

El compresor será un equipo de alto rendimiento de aplicación ferroviaria (del tipo con embolo) y con capacidad de cumplir ampliamente los requerimientos de gasto de aire comprimido que demanden los trenes, con un periodo de mantenimiento mayor (over haul) no menor a 720,000 Km. acoplado directamente a un motor de corriente alterna trifásica.

Cada carro remolque contará con un grupo motocompresor que funcionará bajo un régimen de administración alternada, equivalente a una taza de trabajo del 50%, controlado por el sistema de informática embarcada del tren. En caso de falla del control de la informática embarcada los compresores funcionarán libremente bajo el

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

régimen de arranque y paro en el rango de presiones acorde con el diseño del tren, con el menor numero de arranques y paros durante su operación.

En condiciones extremas degradadas en las que el control de la informática embarcada se encuentra en falla y/o uno de los compresores se encuentre fuera de servicio, los compresores restantes garantizarán el suministro de aire durante al menos 60 minutos de tal forma que permita la llegada del tren a la terminal más próxima. Toda condición de falla será señalizada en el monitor de cabina y en la caja de señalización "BS", y registrada en el equipo informático de señalización y registro.

Cada grupo motocompresor estará dispuesto bajo el bastidor de los carros remolque mediante una estructura sujeta sólidamente al bastidor del carro. Este grupo dispondrá de elementos elásticos en el motor y en la unidad de compresión de aire, que limiten la transmisión de vibraciones al bastidor y que permitan un fácil desmontaje e inspección durante las labores de mantenimiento. El nivel de ruido máximo permitido será de 75 dB medidos a 1.5 m.

Se considerará que el sistema de sujeción de la estructura que soporta al grupo motocompresor debe ser diseñado bajo el esquema de soportería de seguridad conforme a los requerimientos establecidos en el numeral *3.2.2* "*Estructura de la Caja*".

El compresor contará con filtros de gran eficiencia y prolongada vida útil, así como con separadores de aceite de alta eficiencia y durabilidad, libres de mantenimiento, con el fin de que el compresor tenga el mínimo consumo de aceite, de tal manera que no afecte la vida útil de los elementos filtrantes y no disminuya la calidad del aire comprimido requerido para el buen funcionamiento de los equipos neumáticos del tren. La temperatura de descarga de aire comprimido será acorde con las características del funcionamiento del secador de aire seleccionado para obtener la calidad de aire apropiada de acuerdo a la **norma ISO 8573** clase 4.3.4 ó equivalente para el buen funcionamiento de los equipos del sistema. El compresor contará con las protecciones de presión y temperatura necesarias para evitar daños a los equipos y al personal de mantenimiento. Las conexiones eléctricas, neumáticas y mecánicas serán robustas, confiables y de fácil instalación, respetando las normas aplicables que exige la operación del sistema ferroviario.

Con el fin de verificar el adecuado funcionamiento del compresor, su tiempo de operación será registrado.

El periodo entre mantenimientos sistemáticos del compresor será por lo menos de 30,000 Km y su revisión general (over haul) no menor de 750,000 Km.

Se entregará en la revisión de diseño las características del compresor, incluyendo gasto, peso y dimensiones, así como la forma de sujeción al tren, con los elementos elásticos que servirán para amortiguar las vibraciones del grupo motocompresor, así como del sistema de soportería de seguridad utilizado.

3.7.2 Motor Eléctrico.

El motor que se utilizará para accionar los compresores será tipo jaula de ardilla, alimentado en corriente alterna trifásica 60 Hz. En el diseño, fabricación y pruebas del motor atendrá a las Normas **IEC 349** y **UIC 619,** ó equivalentes, con aislamiento clase H y autoventilado. Contará sobre la carcaza con una caja de conexión hermética que permita su empalme con los circuitos del carro a través de una toma rápida.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

La vida útil de los rodamientos será de al menos 750,000 Km o 20.000 horas. Se considerará los criterios de mantenibilidad para efectuar las labores de inspección y mantenimiento que se requieran.

3.7.3 Inversor del grupo motocompresor.

La alimentación del motor de corriente alterna será a **través de los convertidotes estáticos que ya estarán dimensionados para esta finalidad (ver ítem 3.6.1)**.

3.7.4 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 tal, que evite la condensación de agua en el depósito principal del aire comprimido y en el conducto de equilibrio. El secador de aire, de tipo regenerativo, estará constituido por una torre de secado y una de filtrado, drenando automáticamente cada vez que pare el compresor. Se podrán aceptar otros diseño de secador de aire, cumpliendo los niveles exigidos de fiabilidad y las características de funcionamiento requeridas.

3.7.5 Tanques de Aire Comprimido.

Se preverá un depósito principal para almacenamiento de aire comprimido en cada carro remolque, de una capacidad suficiente, la cual será definida en la etapa de revisión de diseño, de manera tal que asegure el suministro de aire a los equipos neumáticos del tren sin variaciones perceptibles en la presión. Los depósitos principales estarán en comunicación por medio de un conducto de equilibrio, de la cual saldrán las derivaciones para los diversos circuitos neumáticos.

Estos depósitos serán fabricados en acero inoxidable que garanticen una vida útil de cuando menos 30 años, cumplirán en diseño y construcción con las prescripciones establecidas para recipientes a presión según el código **ASME** o equivalente.

Serán previstos en los manuales de mantenimiento las facilidades para el mantenimiento del tanque.

Así mismo, los depósitos contarán con las válvulas de purga, check y de seguridad necesarias. Existirán depósitos auxiliares para alimentar los equipos de frenos y suspensión neumática. Éstos serán de las mismas características de construcción a los depósitos principales.

3.7.6 *Control, Mando y Regulación.*

Cada carro remolque contará con un grupo motocompresor controlado por el sistema de informática embarcada del tren.

Todos los parámetros de operación y falla de los grupos motocompresores serán permanentemente controlados y vigilados por el sistema informático del tren y visualizados en el monitor de cabina, en caso de falla de ésta, el control de arranque y paro será independiente a través de líneas de tren. Además esta situación será señalizada en el monitor de cabina y en la caja de señalización "BS".

En caso de falla de un compresor y/o que no proporcione el gasto suficiente para llegar a las presiones de servicio la informática embarcada detectará tal situación informando a través del monitor de cabina.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

En caso de falla del control de la informática embarcada los compresores funcionarán libremente bajo el régimen de arranque y paro en el rango de presiones acorde con el diseño del tren. Cada carro remolque, contará con un presostato para el sensado de presión que comande el arranque y paro. Para el arranque actuará el mando de los grupos cuando el primer presostato detecte la presión mínima de trabajo; y el paro, cuando el último presostato detecte la presión máxima.

Se contará con un conmutador de aislamiento del motor del compresor que permita controlar la alimentación del mismo durante las intervenciones de mantenimiento y será del tipo utilizado en la rama ferroviaria. Será instalado en cada remolque un manómetro para la vigilancia del conducto de equilibrio y en cada carro, sea motriz o remolque, se instalará un manómetro para la presión de frenado.

Así mismo se instalará un transductor de presión que este monitoreando la presión del conducto de equilibrio y que esta información sea enviada al registrador electrónico de eventos.

Cada grupo motocompresor tendrá el número de arranques y tiempo de trabajo grabados em el sistema informático del tren.

3.7.7 Instalación Neumática.

Las tuberías a instalar y sus conexiones serán fabricadas en acero inoxidable y sus conexiones serán inoxidables, de sección suficiente para los flujos y presiones requeridos, tomándose en consideración que los compresores se encontraran en los carros con cabina y que en caso de falla de alguno de ellos las caídas de presión para abastecer de aire desde un extremo hasta el otro no serán perceptibles. Las conexiones serán del tipo de anillo integrado a la tuerca e incrustable en el tubo. La tubería será del tipo sin costura.

La instalación de las mangueras de unión respetará los radios mínimos de curvatura, considerando el movimiento relativo entre sus extremos. Los materiales serán resistentes a los aceites, solventes y agentes atmosféricos. La unión de mangueras entre caja y bogie será segura y de conexión roscada.

Todos los órganos involucrados para la medición de presión en los carros, válvulas, tuberías y depósitos atendrán a las Normas Internacionales aplicables y estar perfectamente identificados.

- ***Instalación de Tuberías.***

Se proyectará la instalación de tuberías en forma que la mayoría de los elementos se agrupen en paneles neumáticos para asegurar una instalación compacta, 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 equipos neumáticos debe ser determinada de forma que se eviten:

- Las vibraciones de tuberías.
- Esfuerzos sobre conectores, equipos y sus órganos de fijación.
- El golpeteo sobre elementos de las tuberías o de los equipos.

El radio de curvatura de las tuberías neumáticas será el mayor posible. El paso de las tuberías a través del piso de los carros será realizado de forma que se eviten entradas de aire al interior de los carros.

Las tuberías serán instaladas tan rectas como sea posible y con el mínimo número de uniones.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

El sistema de tuberías debe fijarse para evitar el desplazamiento tanto de las tuberías como de los demás elementos unidos a ellas a consecuencia de las vibraciones por el peso u otras causas.

La fijación de las mangueras flexibles se evitará el rozamiento con elementos próximos debido al movimiento relativo entre bogie y caja. En la disposición de tuberías, se evitarán las curvaturas donde puedan acumularse productos de condensación. Las llaves de aislamiento del circuito neumático serán fácilmente accesibles y libres de mantenimiento. Las manijas de las mismas estarán en línea con la tubería cuando las llaves estén en posición abierta.

Se garantizará que el sistema neumático del tren, en las condiciones de tren apagado y FU aplicado tenga una caída máxima de 0.3 bars en 5 minutos.

Se incluirá en su diseño los elementos necesarios para que el grupo motocompresor y secador de aire, en caso de falla o cuando el tren se apague, queden aislados neumáticamente del sistema de distribución de aire.

3.8 Informática Embarcada.

3.8.1 Concepción General del Sistema de Control y Mando.

La arquitectura del sistema de control y mando del tren integrará un sistema de diagnóstico y de ayuda a la operación y al mantenimiento, considerando los siguientes aspectos:

- Utilización de circuitos específicos y líneas de tren para la realización de las funciones de seguridad.
- Aplicación de tecnología informática, 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 arquitectura y el equipo informático a bordo asegurarán que el sistema pueda escalarse, de manera que sea posible efectuar fácilmente modificaciones y extensiones de las aplicaciones. A nivel del tren se preverá una reserva mínima del 20% para las señales lógicas y analógicas.

El sistema informático a bordo del tren será utilizado para:

- Monitoreo de la conducción y operación.
- Controlar y/o monitorear los equipos auxiliares
- Ayuda a la conducción, operación y mantenimiento
- Registro de parámetros.

El sistema informático garantizará la independencia en el control de las funciones críticas y de seguridad 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 de dicho sistema informático.

En caso de cualquier avería del sistema no afectará la seguridad, el control ni la conducción del tren.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

Las funciones que no están directamente relacionadas con la seguridad, ligadas a condiciones imprescindibles para asegurar la operación del tren en condiciones degradadas, podrán efectuarse a través del propio sistema informático, o bien ponerse en servicio de manera forzada en caso de avería de este sistema.

Alstom presentará al S.T.C., durante la fase de revisión de diseño, toda la información que permita evaluar el sistema de todas las funciones de mando, control, monitoreo, señalización y ayuda al mantenimiento que serán procesadas a través del sistema de informática embarcada sin que se vean afectados los circuitos de seguridad. Asimismo incluirá las características del hardware del sistema.

El equipo de informática embarcada será de tecnología de vanguardia. Alstom precisará las características del mismo durante la fase de revisión de diseño.

3.8.2 Características de Funcionamiento.

El sistema de informática embarcada tendrá las siguientes características:

- Monitoreo, mando y control de los eventos generales en el tren sin afectar la seguridad.
- Almacenar en memoria de anillo los eventos de al menos 7 días sobre la operación del tren con indicación de la fecha y hora.
- Comunicación con los demás equipos informatizados a bordo, a través de una red (sistema centralizado de información y sistemas de ayuda al mantenimiento de los equipos principales del tren), tales como: Registrador electrónico de eventos, Grupo Motocompresor, Convertidor Estático, Sistema de Tracción-frenado, Ventilación, Sistema de Antibloqueo, Sistema de Puertas de pasajeros, Sistema de Comunicaciones, Sistema de Pilotaje Automático, Circuito Cerrado de Televisión (CCTV), Sistema de Videoinformación, entre otros. Se cumplirá con la Norma **IEC 61375-1,** también conocida como **TCN** (Train Comunication Network), **MVB** (Multifunctional Vehicle Bus) o equivalente. Además, contará con interfaces seriales, USB ó equivalentes para extracción de datos con posibilidad de consultar el registro histórico de fallas.
- Efectuar autoprueba y diagnóstico del sistema.
- Contar con señalización de fallas propias del sistema, en forma local y en cabina.
- Todas las fallas que le reporten a la informática embarcada los diferentes sistemas del tren se deben presentar en un monitor en la cabina de conducción con una alarma acústica de intensidad y duración ajustable y una descripción clara y breve de la falla, con indicaciones al conductor respecto a las acciones a tomar según la falla presentada. Así mismo se presentarán en el monitor de cabina todas los señalamientos de avería o estado del tren que se consideran en la caja de señalización, en todos los casos indicará el carro en el que se da el evento o avería
- Las tarjetas y elementos no serán dañados o degradados por los componentes atmosféricos del medio ambiente.
- El sistema que se implemente debe estar funcionando correctamente en algún sistema de transporte ferroviario de pasajeros equiparable a la línea 12 de la red del metro de la ciudad de México.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

A fin de que las fallas que se presenten en el sistema de control informático no afecten la continuidad del servicio ni la operación del tren, Alstom incluirá en su diseño las redundancias en los buses de comunicación, los autómatas maestros, así como en cualquier otro equipo informático que Alstom considere crítico.

Las funciones de seguridad (por ejemplo freno de urgencia y operación de las puertas) estarán efectuadas por líneas de tren que no dependan directamente del sistema de informática embarcada, pero que conozca las condiciones de operación de las mismas para su señalización, registro y monitoreo.

Por medio del monitor de cabina y/o un equipo portátil podrá realizarse lo siguiente:

- Simulación de señales de entrada y salida.
- Monitoreo del estado de las salidas.
- Efectuar auto prueba para verificar el funcionamiento general del equipo.
- Extraer los datos almacenados en las memorias del sistema mediante un puerto serial USB ó equivalente.
- Señalizar averías del mismo.Visualizar información en tiempo real de la operación del tren de todos los parámetros monitoreados en la terminal de cabina, así como a través de una computadora portátil en cada carro mediante puertos USB.
- Presentación oportuna y sencilla de los datos para facilitar la interpretación de los mismos y así ayudar al mantenimiento correctivo del tren (no se permite la presentación en forma de códigos).
- Ayuda en la preparación de reportes de la operación a partir de los datos almacenados.
- Búsqueda de eventos específicos determinados a partir de funciones lógicas de las señales registradas.
- Facilidad de exportación de datos a hojas de cálculo de Excel para elaboración de reportes estadísticos.

El sistema tendrá incorporado un programa de auto prueba que se ejecutará al encender el equipo. La interrupción de la alimentación eléctrica no provocará consecuencia alguna en su funcionamiento, por lo que, al normalizarse reanudará en forma automática su operación y mantendrá en memoria los eventos registrados.

El equipo contará con protecciones internas en caso de que la tensión de alimentación o de que las señales de entrada sobrepasen su valor máximo. La corriente demandada será nula cuando el tren esté apagado.

Cuando se realicen las actividades de mantenimiento y se desconecte la batería del tren, la información almacenada en el equipo será asegurada a través de batería de respaldo (o de otra forma a ser presentada durante la fase de proyecto), la vida útil de ésta no será menor de 5 años, debiendo señalizar en la pantalla su requerimiento de cambio, con al menos un mes de anticipación.

3.8.3 Funciones auxiliares Integradas a la Informática.

Las funciones de operación y control que a título indicativo pero no limitativo, serán integradas en el sistema de informática embarcada incluirán las siguientes funciones, más las que Alstom considere convenientes, a fin de optimizar el uso de este equipo, en los términos establecidos en esta especificación y puestas previamente a consideración del S.T.C.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

FUNCIÓN:	ATRIBUCIÓN:
Ventilación.	Encendido y apagado por carro.
Aislamiento a la tracción de un bogie motriz.	Aislamiento cuando se presente una avería y solo se permite un carro.
Traspaso de corriente alterna y de corriente directa.	Ejecución del traspaso de batería y de corriente alterna automáticamente al presentarse una falla de alguno de los convertidores estáticos.
Freno de estacionamiento.	Accionamiento automático o manual.
Pantógrafos.	Accionamiento de elevación y descenso.
Accionamiento de compresores	Administración de compresores

Nota: Cada vez que se ejecute alguno de los comandos indicados en la tabla a través de la informática embarcada, estas acciones del conductor deben quedar registradas.

Las funciones de supervisión de la operación, que a título indicativo pero no limitativo, serán consideradas en el sistema de informática embarcada incluirán los siguientes equipos:

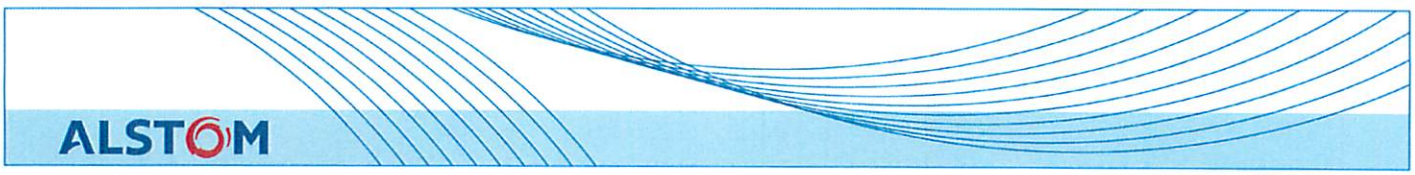
Sistema de tracción frenado.	Sistema de pilotaje automático.
Sistema de puertas.	Convertidor estático.
Sistema neumático.	Motocompresor.
Suspensión neumática.	Freno de estacionamiento.
Sistema de sonorización.	Radioteléfono.
Registrador electrónico de eventos (caja negra).	Palancas de emergencia (KFS)
Conducción.	Conmutadores y llaves de operación de tren.
Sistema de antibloqueo	Ventilación.
Sistema Lubricador de Pestaña	Pantógrafo, etc.
Circuito Cerrado de Televisión (CCTV)	Sistema de Videoinformacion

Estas funciones serán acordadas durante la etapa de revisión de diseño.

- ***Características de la Red Informática del Tren.***

Los trenes contarán con una red informática de vanguardia, distribuida en cada uno de sus carros, basada en tecnología de sistemas abiertos.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.



La red permitirá su interconexión para extracción de datos y monitoreo a través de computadoras portátiles por medio de puertos USB o equivalentes, instalados en los equipos locales de la informática embarcada de cada carro.

El sistema de interconexión estará basado en un cableado que permita tener un BUS redundante de comunicación de alta velocidad mayor o igual a 1.5 Mbps, que garantice la función satisfactoriamente. La red debe poseer una alta capacidad de desempeño, fiabilidad y escalabilidad.

El sistema operativo de la red permitirá trabajar con los diversos programas individuales de comunicación que existan en cada uno de los equipos informáticos que se interconecten a la red.

- ***Características de la Información en Cabina.***

La información obtenida a través de la red a bordo del tren se presentará mediante representaciones gráficas y mensajes de texto amigables al conductor y al personal de mantenimiento. Los datos disponibles y utilizados por el sistema se procesarán con el propósito de obtener:

- La información de las averías presentadas en el material rodante.
- Ayuda a la conducción en todos los casos de avería.
- La información sobre el estado del tren.
- La información al personal de mantenimiento para facilitar el diagnóstico y reparación.

El formato y contenido de la información presentada será motivo de un acuerdo entre Alstom y el S.T.C. durante la fase de revisión de diseño.

3.8.4 Características del Equipo Portátil y Fijo de Servicio.

Para la obtención de la información registrada en los equipos informáticos del tren será necesario el suministro de 5 equipos portátiles y 2 fijos de procesamiento y control. Estos equipos contendrán el software de los equipos informáticos embarcados con sus respectivas licencias de uso. Las características se determinarán en su oportunidad con Alstom.

3.8.5 Software de Análisis de Datos.

Alstom proporcionará toda la información que el S.T.C. requiera del software de análisis.

Todo el software de este proyecto podrán ser en ingles, sin embargo sus respectivos manuales estarán en español.

Alstom entregará al S.T.C las licencias de uso de todo el software.

Alstom proporcionará a la entrega de los equipos de servicio portátil y fijo, el software para el control del equipo, para el análisis de los registros, el de comunicación con los equipos portátiles y el desarrollado para comunicarse con los demás equipos informáticos embarcados.

Alstom proporcionará los equipos de servicio portátil y fijo a la recepción del primer tren.

Además entregará todos los programas de usuario, manuales de capacitación y las licencias de uso correspondientes, conforme a los requerimientos establecidos en el numeral 5. *"Estudio y Aprobación del Proyecto*

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

en la etapa de Fabricación de trenes", desde que no estén inclusos en la documentación que son de propiedad industrial y intelectual.

3.8.6 Ayuda al Mantenimiento.

El objetivo es permitir la puesta en operación del tren dentro de los plazos más breves, gracias a un diagnóstico de la avería de primer y segundo nivel de intervención de mantenimiento correctivo, por lo que en el monitor de cabina y en el equipo portátil se podrá consultar la información ya clasificada de cada avería (no presentarlos en forma de códigos).

Durante la operación, algunos equipos ejecutarán una supervisión de los órganos que los componen y producirán mensajes de mantenimiento. El sistema de ayuda al mantenimiento permitirá homogeneizar y centralizar estos mensajes. En el transcurso de la operación, un conductor podrá ejecutar las indicaciones correspondientes a una recomendación que le haya sido notificada por la informativa embarcada derivada de una avería y/o comportamiento del tren.

Al presentarse una avería o falla el personal de mantenimiento podrá, a partir de una terminal de cabina, consultar los datos durante la operación en tiempo real o durante las pruebas correspondientes. Las pruebas funcionales a equipos y la consulta a sus resultados podrá realizar a través de una computadora portátil conectada directamente al equipo en prueba.

3.8.7 Caja de Señalización "BS".

Adicionalmente al monitor de la terminal de cabina, se contará con un panel de señalización con textos iluminados con led´s, que permita la presentación de eventos generales en el tren para información al conductor. Esta será independiente de la red de la informática embarcada y será alimentada por hilos de tren. Alstom demostrará en la etapa de revisión de diseño el cumplimiento de este requerimiento.

Estos equipos de señalización contarán con la iluminación adecuada, permitiendo una visibilidad y legibilidad de la información al conductor desde su posición normal de conducción y con un ángulo amplio de visión, la pantalla se instalará sobre el pupitre de conducción. Se preverá, para el caso de circulación de los trenes en superficie, que la reflexión de la luz solar no impida su lectura.

La alimentación eléctrica de la caja de señalización será independiente de la terminal de cabina. La interrupción de la alimentación eléctrica normal no provocará consecuencia alguna en el funcionamiento de la caja de señalización, por lo que al normalizarse reanudará en forma automática su operación.

La caja de señalización será estanca y la pantalla estará protegida contra vandalismo.

3.9 Sistema de comunicación.

Los trenes de la Línea 12, tendrán incorporado un sistema de comunicación, el cual permitirá establecer la comunicación entre los conductores que se encuentren en las cabinas, la comunicación hacia y desde los usuarios y el anuncio de cierre de puertas. Este sistema esta considerado como de alta prioridad, ya que por medio de él, se permite mantener informado a los usuarios en circunstancias normales, en casos de falla o peligro.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

El sistema propuesto tendrá una alta fidelidad y fiabilidad para poder transmitir información sin lugar a confusiones.

Alstom podrá ofrecer soluciones alternas u opciones adicionales a las previstas en este documento, a reserva de que éstas brinden una mejora técnica o bien económica a la solución de base, indicando claramente su contenido y repercusiones.

En cuanto a las características de los equipos tales como materiales de construcción, aspecto físico, tecnología utilizada, etc., son también elementos de base para la propuesta de Alstom.

3.9.1 Características de funcionamiento

Las funciones que realizarán este sistema se enlistan a continuación, a titulo informativo más no limitativo, el orden de prioridad se establecerá en la etapa de revisión de diseño:

- Aviso de cierre de puertas.
- Comunicación entre cabinas.
- Comunicación PCL al salón de pasajeros (referirse al numeral *4.2 "Telefonía de trenes")*.
- Comunicación de las cabinas al salón de pasajeros.
- Comunicación del interior de cada uno de los salones de pasajeros a las cabinas, para uso de los usuarios en caso de emergencia.
- Aviso de descenso de usuarios con silla de ruedas y/o con discapacidad motriz.
- Reproducción de informaciones pregrabadas del servicio, en forma automática o manual y controlada desde la cabina.
- Anuncio automático o manual de la próxima estación por arribar.
- Reproducción de voz, música y mensajes pregrabados.

El Anexo 1D adjunto describe el Sistema de Comunicación previsto por Alstom.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

3.9.2 Especificación de los componentes del sistema.

El sistema será concebido de acuerdo a la filosofía de diseño modular de los equipos embarcados del material rodante del S.T.C., conservando en todos sus subsistemas esta misma particularidad.

3.9.3 Sistema de información al usuario.

El Anexo 1D presenta el detalle de l sistema de Información al usuario propuesto por Alstom

3.10 Registrador Electrónico de Eventos.

Los trenes contarán con un dispositivo para 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 el análisis de los parámetros de la operación del tren, que en consecuencia permita el deslinde de responsabilidades.

El registrador electrónico de eventos incluirá la función de transmisión remota inalámbrica (WiFi) de los datos, así como todo el equipamiento para la instalación fija que requieran los puestos de recepción de datos, y se proporcionará un software de análisis automatizado de la información, el cual debe proporcionar los reportes de operación del tren y la línea.

En el pupitre de cada cabina se instalará un odómetro-velocímetro, que desplegará en pantalla, en dimensiones tales que sean fácilmente visibles por el conductor, la hora, el kilometraje recorrido y la velocidad. El velocímetro será digital con la presentación del valor de velocidad en forma analógica y numérica. La distancia registrada como recorrida debe corresponder a la distancia real.

La hora y la fecha del reloj interno del registrador electrónico de eventos serán autónomas, sin embargo la hora y fecha del sistema informático embarcado serán utilizados a todos los equipos asociados a él.

El registrador electrónico de eventos contará con puertos de comunicación serial *(USB)* a través de los cuales sea posible conectar el equipo a un sistema de cómputo para programarlo y extraer la información. Además de proporcionar un puerto de comunicación que se pueda conectar al sistema informático embarcado.

El registrador electrónico de eventos tendrá las características indicadas en el Anexo 1M adjunto.

3.10.1 Funciones Generales.

Las funciones mínimas que realizará el registrador electrónico de eventos son:

Medición, memorización y procesamiento de informaciones analógicas y digitales, tales como: velocidad del tren, distancia recorrida, aceleración del tren, tensión de línea, grado de tracción o frenado aplicado, presión del conducto de equilibrio, torque del motor de tracción, modos de conducción, apertura y cierre de puertas, líneas de seguridad, posición de conmutadores, frenado comandado por el pilotaje automático, todos los parámetros que se señalizan en la caja BS, unidades neumáticas de frenado aisladas, entre otras. En la etapa de revisión de diseño se definirá la totalidad de registros.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

Las señales serán obtenidas de la siguiente forma:

- velocidad del tren - a ser enviado al registrador a través de la rede informática embarcada
- distancia recorrida - a ser enviado al registrador a través de la rede informática embarcada
- aceleración del tren - a ser enviado al registrador a través de la rede informática embarcada
- tensión de línea - a ser enviado al registrador a través de la rede informática embarcada
- grado de tracción o frenado aplicado - a ser enviado al registrador a través de la rede informática embarcada
- presión del conducto de equilibrio - analógica
- par del motor de tracción - a ser enviado al registrador a través de la rede informática embarcada
- posición de conmutadores - a ser enviado al registrador a través de la rede informática embarcada
- frenado comandado por el pilotaje automático - a ser enviado al registrador a través de la rede informática embarcada
- todos los parámetros que se señalizan en la caja BS - serán enviados al registrador a través de la rede informática embarcada
- unidades neumáticas de frenado aisladas – a ser enviado al registrador a través de la rede informática embarcada
-

3.10.2 Características Operativas.

La capacidad de manejo de señales será amplia, deberá medir y registrar cada cambio de todas y cada una de las señales analógicas y digitales que estén conectadas al equipo.

3.10.3 Características de Alimentación.

El equipo contará con protecciones internas en caso de que la tensión de alimentación del tren sobrepase su valor máximo, además, incluirá una protección contra inversión de polaridad en la alimentación de entrada.

3.11 Circuito Cerrado de Televisión (CCTV).

El Anexo 1D adjunto describe el Sistema de Comunicación y CCTV previsto por Alstom.

3.12 Sistema de Video-Información al usuario

El Anexo 1D adjunto describe también el Sistema de Comunicación y Video-Información previsto por Alstom.

Los trenes contarán con un sistema de información al usuario, el cual consiste de 4 monitores planos de aplicación ferroviaria con protección antivandálica en cada carro, así como el equipo procesador y reproductor de video en cada cabina que permita el control, programación, transmisión y reproducción de video digital a cada carro, el formato a emplear será definido en la etapa de revisión de diseño. La ubicación y dimensiones de los monitores serán tales que permitan una visibilidad desde cualquier punto del carro y serán definidas con el S.T.C. durante la

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

etapa de revisión de diseño. La arquitectura definitiva del Sistema de Video-Información al usuario será puesta a consideración del S.T.C. por Alstom en la etapa de revisión de diseño para su aprobación.

4 *Trabajos que efectuará Alstom en Coordinación con "EL CONSORCIO" responsable de La Obra Civil Y Electromecánica para la construcción de la Línea 12.*

En paralelo con la fabricación de los trenes de la Línea 12 motivo de esta especificación, serán desarrollados 2 proyectos integrales: Pilotaje Automático y Telefonía de trenes, que formarán parte de los compromisos "EL CONSORCIO" responsable para la obra civil y electromecánica de la Línea 12. Los alcances con respecto a estos proyectos requieren que Alstom se coordine a través del S.T.C. con "EL CONSORCIO" responsable de la obra civil y electromecánica, para lo cual, deberá:

1. Presentar a "EL CONSORCIO" responsable de la obra civil y electromecánica a más tardar 30 días después de la firma del contrato de servicios objeto de esta especificación, el programa detallado de las distintas etapas del proyecto de fabricación de trenes, en los términos del numeral *5 "Estudio y Aprobación del Proyecto en la Etapa de Fabricación de Trenes"*

2. Con objeto de que exista la debida sincronía entre los proyectos de la obra civil y electromecánica y el proyecto de fabricación de trenes, se precisará en el programa antes citado las fechas en las que "EL CONSORCIO" responsable de la obra civil y electromecánica entregará:

    - la información técnica de los sistemas correspondientes a los dos proyectos integrales.
    - Los accesorios, cableados, arneses, equipos, para cumplir con el programa de fabricación.

3. Es responsabilidad de Alstom que toda la información técnica que se entregue por parte de "EL CONSORCIO" responsable de la obra civil y electromecánica, esté debidamente validada mediante la firma de aprobación de los representantes técnicos de ambos proyectos y del representante técnico del S.T.C.

4. Es responsabilidad de Alstom realizar con base en la información validada antes citada, la ejecución de las preparaciones necesarias para el correcto equipamiento de los trenes en sus sistemas de *Pilotaje Automático y Telefonía de Trenes*; soportería, cofres, instalación de cableado, alimentación eléctrica, gabinetes, equipos, etc. Siendo responsabilidad de "EL CONSORCIO" responsable de la obra civil y electromecánica, suministrar los equipos y accesorios propios de cada sistema, en los términos de las especificaciones técnicas correspondientes que se incluyen en los Apéndices técnicos; *C "Pilotaje Automático" y D "Telefonía de Trenes"*, así como supervisar la correcta instalación, pruebas y puesta en servicio de éstos, que realizará Alstom de los trenes.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

El S.T.C. y Alstom elaborarán en la etapa de revisión de diseño un programa de reuniones de seguimiento de avance del proyecto con la participación de Proyecto Metro del Distrito Federal (P.M.D.F.) del Gobierno del Distrito Federal, en la que participen además los proveedores de los sistemas involucrados, con el propósito de asegurar el correcto desarrollo en tiempo y forma del proyecto integral de la línea 12.

4.1 *Pilotaje automático.*

Como se mencionó, este sistema estará previsto para la Línea 12 como un proyecto integral de Pilotaje Automático, en el que se considera tanto el equipo embarcado y la interacción de éste con la instalación fija, la adquisición de este equipo será por parte de "EL CONSORCIO" responsable de la obra civil y electromecánica independiente a la contratación de la fabricación de los trenes motivo de esta especificación, por lo que en este numeral solo se refieren las especificaciones funcionales del Pilotaje Automático mismas que se detallan en el *Apéndice C "Pilotaje Automático"*, a fin de que Alstom prevea de manera preliminar para su propuesta técnica las preparaciones necesarias para la correcta instalación de los equipos que serán suministrados por "EL CONSORCIO" responsable de la obra civil y electromecánica.

.

4.2 *Telefonía de trenes.*

Como se mencionó, este sistema estará previsto para la Línea 12 como un proyecto integral de comunicaciones, en el que se considera tanto el equipo embarcado y la interacción de este con la instalación fija, la adquisición de éste equipo será por parte de "EL CONSORCIO" responsable de la obra civil y electromecánica, independiente a la contratación de la fabricación de los trenes motivo de esta especificación, por lo que en este numeral solo se refieren las especificaciones funcionales de la telefonía mismas que se detallan en el *Apéndice D "Telefonía de Trenes"*, a fin de que Alstom prevea de manera preliminar para su propuesta técnica las preparaciones necesarias para la correcta instalación de los equipos que serán suministrados por "EL CONSORCIO" responsable de la obra civil y electromecánica.

5 *ESTUDIO Y APROBACIÓN DEL PROYECTO EN LA ETAPA DE FABRICACIÓN DE TRENES.*

El presente numeral tiene por objeto establecer las condiciones y documentos que se requieren para el control del proyecto en su etapa de fabricación de los trenes.

Será presentado al S.T.C. para su aprobación, a más tardar treinta días después de la firma del contrato un programa final en gráfica de Gantt del proyecto considerando todas las fases, desde los estudios de ingeniería, revisión de diseño, pruebas tipo, tren prototipo, producción en serie, pruebas estáticas, dinámicas, recepción, capacitación y puesta en servicio.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

Este programa detallará todas las actividades de revisión de diseño de todos los sistemas del tren (incluyendo subsistemas, equipos y componentes), considerando de manera informativa más no limitativa, para cada sistema su revisión preliminar y final:

- Descripción funcional y configuración del sistema.
- Interfases.
- Notas de cálculo.
- Control de compatibilidad electromagnética.
- Programa de pruebas tipo y serie.
- Supervisión.
- Capacitación.
- Demostración del cumplimiento de las normas aplicables.
- Fiabilidad.
- Mantenibilidad.
- Disponibilidad.
- Seguridad.

La revisión y validación de diseño por el S.T.C. no eximirá la plena responsabilidad respecto al suministro de los trenes. Por consiguiente, Alstom será totalmente responsable de todas las desviaciones u omisiones que pudiesen sucederse durante las etapas de diseño, fabricación, montaje, pruebas, puesta en servicio y atención en periodo de garantía, conforme a lo requerido en la presente especificación técnica y al estricto cumplimiento de las cláusulas contractuales.

5.1 Documentos Técnicos Requeridos.

Los documentos que serán elaborados y entregados al S.T.C. durante las fases de revisión de diseño y fabricación, están clasificados en tres categorías:

- Primera categoría: Documentos necesarios para el diseño y la construcción.
- Segunda categoría: Documentos relativos a los equipos completos.
- Tercera categoría: Documentos necesarios para la operación y mantenimiento de los trenes y sus equipos.

5.1.1 Primera Categoría.

Se indican a manera informativa más no limitativa, los documentos de esta categoría:

- Una lista general de partes y equipos que los integran dentro del proceso de construcción.
- Una colección completa de planos de ejecución.
- Planos de conjunto generales y particulares.
- Planos de montaje de equipos y de grupos de aparatos interdependientes.
- Planos de construcción y dibujos de detalles que correspondan.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

- Planos de conjunto y de detalle de todos los equipos suministrados por fabricantes especializados.
- Planos de dimensiones generales para los equipos completos suministrados por fabricantes especializados, señalando sus características principales. Estos planos indicarán todos los datos necesarios para su identificación y requerimiento de los componentes.
- Diagramas funcionales de la instalación neumática y planos de la red neumática completa.
- Diagramas y planos de cableado.
- Diagrama funcional de la instalación eléctrica.
- Nota de cálculo de cada una de las protecciones de los circuitos eléctricos del tren.
- Estudio de Fiabilidad; Consideraciones en el diseño para el logro de la fiabilidad de cada uno de los sistemas propuestos, con base en las condiciones establecidas en la presente especificación.
- Un expediente de cálculo completo con la justificación del dimensionamiento y/o características de los órganos principales y de todos aquellos que tengan una función de seguridad, en particular:

  - Estructura de cajas.
  - Equipos Bajo Bastidor.
  - Sistema de choque y tracción.
  - Sistema de unión caja - bogie.
  - Bastidor de bogie.
  - Transmisión (reductor).
  - Ejes, sistemas de rodamiento.
  - Motores de tracción.
  - Sistema de freno de servicio y de estacionamiento.
  - Sistema de antibloqueo.
  - Sistema de antipatinaje y antideslizamiento.
  - Sistema de puertas.
  - Grupo motocompresor.
  - Convertidor estático.
  - Bancos de baterías.

- Nota de cálculo relativa a la suspensión y estabilidad transversal de los carros.
- Nota de cálculo de verificación del comportamiento de frenado, así como el estudio de la desaceleración de frenado de urgencia garantizada.
- Documentos diversos:
  - Planos referentes a movimiento relativo de los bogies con respecto a las cajas.
  - Planos referentes a movimientos de los enganches con respecto a la caja.
  - Planos de movimiento relativo de los mecanismos de frenado.
  - Planos del movimiento relativo de los elementos constitutivos del pasillo de intercirculación.
  - Planos de movimiento relativo entre cajas de dos trenes inscritos en curva con el radio mínimo especificado.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

- Los estudios e información definitiva del cumplimiento de galibos e inscripción en vía; dibujos en corte transversal de la vía, en donde se muestren los gálibos estáticos y dinámicos en recta y en curva, dentro del cual quedaran inscritas las cajas, los órganos instalados bajo bastidor, los componentes del bogie, pantógrafo y catenaria. Además incluirá una simulación dinámica de los casos críticos en las diferentes condiciones de carga y de operación.

5.1.2 Segunda Categoría.

Se indican a manera informativa más no limitativa, los documentos relativos a los equipos completos, respecto a esta categoría se suministrará la siguiente información:

- Planos de conjunto completo con nomenclatura.
- Planos de detalle de las principales piezas que componen el equipo.

5.1.3 Tercera Categoría.

Se indican a manera informativa más no limitativa los documentos necesarios para la operación y mantenimiento:

- Planos de conjunto a escala de cada tipo de carro con todas las cotas principales.
- Planos de conjunto a escala de cada tipo de bogie con todas las cotas principales.
- Todos los planos digitalizados, para ser integrados dentro de un informe descriptivo de los carros, para el empleo del personal de conducción y mantenimiento, mostrando la disposición de los aparatos dentro de los armarios y cofres bajo bastidor. Para este tipo de documentos es recomendable la representación en perspectiva.
- Notas técnicas del funcionamiento para los aparatos o conjuntos de aparatos que tengan una función común.
- Instructivos de mantenimiento preventivo y correctivo, este último en sus tres niveles de intervención, de todos los equipos.
- Procedimientos de trabajo integrados para las distintas actividades de mantenimiento (sistemático y mayor).
- Instructivos de montaje, desmontaje y ajuste con los planos de las herramientas especiales, necesarias en estas operaciones para todos los equipos.
- Formatos para el control de las actividades de mantenimiento preventivo de los trenes.
- Características técnicas de los bancos de prueba para los principales sistemas.
- Manuales de operación de los diferentes tipos de software.

La información contendrá los manuales de mantenimiento preliminares e incluirá:

- Una descripción del equipo y una explicación de los principios de funcionamiento, utilizando los esquemas y croquis que sean necesarios para una fácil comprensión.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

- Un listado de maniobras secuenciales, con su explicación sobre el modo correcto de operación del equipo, destacando las maniobras críticas.
- Un listado de trabajos necesarios para la correcta conservación del equipo, para cada uno de los cuales se especificarán los siguientes datos:

  - La periodicidad con la cual deben realizarse estos trabajos, ya sea en kilómetros recorridos, en horas de servicio o en tiempo calendario.
  - Instructivo detallado para la correcta ejecución del trabajo, así como una estimación del tiempo necesario.
  - Un listado de los materiales y refacciones necesarios para la ejecución de los trabajos recomendados por los fabricantes para el mantenimiento preventivo de cada uno de los sistemas que conforman el tren, con su especificación técnica, haciendo mención de las herramientas y equipos especiales.
  - Un catálogo de todas y cada una de las piezas que componen el equipo, adjuntando a cada una su referencia, planos, características principales y fotografías digitalizadas con referencias dimensionales, en los que se indiquen las características técnicas y dimensionales.
  - Los planos explosionados de los equipos y accesorios que se acuerden, con las referencias de sus respectivos fabricantes.

- Manual de procedimientos de trabajo integrados para las distintas actividades de mantenimiento.

Toda esta información tomará en cuenta lo descrito en los numerales relativos al mantenimiento en la presente especificación.

Para todos los equipos informáticos se entregarán las licencias requeridas durante la puesta en servicio del primer tren. La falta de entrega de licencias será motivo de que no inicie la vigencia de las garantías de dicho equipo o sistema informático correspondiente.

5.2 *Elaboración de los Documentos.*

Todos los documentos estarán en idioma español, su presentación se efectuará conforme a los formatos estandarizados en la normatividad **ISO** correspondiente y en unidades del Sistema Métrico Internacional.

Cada documento llevará un cuadro con el logotipo y razón social del S.T.C., el número correspondiente, el modelo de tren, la aplicación al equipo al que corresponda, la razón social del fabricante, la fecha y un cuadro de control de revisiones.

Se presentará previo a la entrega de documentación, su propuesta para aprobación por el S.T.C.

Los documentos se entregarán en formato de paquetería Microsoft Office última versión y los planos en formato del paquete Autocad última versión, organizados en un índice dinámico. No se permitirá que los planos sean

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

archivos de mapas de bits (TIF, GIF, JPG, RLE, BMP, WMF entre otros) ni que estén en formato nativo del paquete Catia. Alstom entregará al S.T.C. cinco licencias para la consulta de la información técnica arriba señalada (Microsoft Office y Autocad).

5.2.1 Clasificación.

La documentación estará clasificada en manuales que hacen referencia a un conjunto funcional, es decir: operación del conjunto, Caja, Bogie, Tracción-Frenado, Freno neumático, Generación y Conversión de Energía Eléctrica, Generación y Distribución de Aire Comprimido, Informática Embarcada, Comunicaciones, Registrador Electrónico de Eventos y Puertas, entre otros.

5.2.2 Planos de Equipos y Componentes.

Cada equipo estará definido por un plano de conjunto y en caso necesario por planos parciales, así como los planos de detalle de cada componente. El dibujo de una pieza y de detalle se representará en la posición relativa en que ésta debe ser utilizada en el montaje. Si ésta debiera sufrir una operación de maquinado después de su ensamblado sobre otra pieza, se establecerá un plano de conjunto parcial constituido con todas las indicaciones que definan el maquinado.

5.3 Control de la documentación.

Alstom presentará al S.T.C. los documentos enumerados en las tres categorías. Estos documentos serán enviados en tres ejemplares impresos y en discos compactos, para su aprobación o corrección según el caso. Todo documento que haya sido objeto de observación será corregido y sometido nuevamente a la autorización del S.T.C.

5.3.1 Revisión de la documentación.

Los documentos de la primera categoría serán emitidos de acuerdo a la cadencia de fabricación del primer tren, previo a su ingreso a la posición correspondiente en la línea de producción.

La presentación de los documentos de segunda categoría se realizará previo a la recepción en planta de los equipos correspondientes.

Los documentos de la tercera categoría serán presentados para su revisión a más tardar cuatro meses antes de la recepción del primer tren.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

5.3.2 Entrega de documentos.

Se proporcionará seis meses después de la puesta en servicio del primer tren cuatro ejemplares impresos y en discos compactos de los documentos de las 3 categorías en su versión definitiva.

Con base en el control de modificaciones de tren acordadas entre el S.T.C., y este último emitirá durante la vigencia del contrato, las actualizaciones correspondientes.

6 SUPERVISIÓN Y PRUEBAS.

6.1 Supervisión de la Fabricación.

Para vigilar el cumplimiento de la especificación técnico-funcional que regula la fabricación de los trenes motivo de este documento, el S.T.C. realizará las labores de supervisión durante las etapas de estudios, fabricación y pruebas.

Se dará al personal de Supervisión del S.T.C. toda clase de facilidades para el desempeño de sus funciones, permitiendo Alstom el libre acceso tanto a sus instalaciones como a las de sus asociados y suministradores, poniendo a su disposición todos los datos precisos para certificar la calidad de los productos y procesos, así como los elementos y dispositivos necesarios para realizar las pruebas, inspecciones y ensayos a que debe someterse el material.

El S.T.C. establecerá residencias de tiempo completo en las plantas de Alstom, quien se obligará a proporcionarle las instalaciones, los equipos y el apoyo necesario para cumplir satisfactoriamente sus labores, así como de incluir en su propuesta económica el 0.25% del monto del costo de fabricación del lote de 30 trenes de rodadura férrea sin incluir el impuesto al valor agregado, mismo que se utilizará para cubrir los gastos de supervisión del S.T.C., reintegrando al S.T.C. el monto económico que no se utilice.

Durante cualquier inspección, sé estará obligado a presentar al personal de supervisión, todos los planos y documentos necesarios del equipo o proceso a evaluar, debidamente autorizados, con el fin de comprobar el apego a los mismos y el cumplimiento de las especificaciones contractuales. Adicionalmente, se entregará al S.T.C. copia de los expedientes que contengan los protocolos y resultados de todas las pruebas mecánicas, eléctricas y de todo tipo, realizadas durante el proceso por su departamento de control de calidad.

El S.T.C. podrá ejecutar las pruebas que estime convenientes, ya sea en sus laboratorios o en los que elija, a fin de constatar parámetros sobre los que tenga duda. Alstom tiene la obligación de proporcionar las muestras y

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

probetas necesarias sin cargo alguno, y a validar los resultados que se obtengan, aplicando las medidas que de dichos resultados se deriven. Los costos generados por estas pruebas serán cubiertos por Alstom.

Los ensayos de laboratorio que se solicite se lleven a cabo en las instalaciones del S.T.C., serán bajo su costo. Los ensayos extensométricos, análisis químicos, radiografías, exámenes por ultrasonido, preparación de probetas, y cualquier otro estudio requerido, serán a cargo del Alstom.

Durante la construcción de los trenes y de sus componentes, la supervisión del S.T.C. podrá rechazar los materiales o trabajos ejecutados deficientemente o que no se ajusten a lo especificado, debiéndose reemplazar o rehacer, hasta la entera satisfacción del S.T.C.

Los retrasos que puedan presentarse en la fabricación de los trenes a causa del rechazo de materiales, piezas o equipos que no cumplan con las condiciones especificadas serán imputables a Alstom, lo que no le dará derecho a prorrogar los plazos de entrega, aumentar los precios, ni a percibir indemnización alguna.

Para establecer el plan general para la supervisión, así como los programas correspondientes, se presentará al S.T.C., dos meses antes del inicio de la fabricación, ***El Plan General de Aseguramiento de la Calidad***, que utilizará en el proyecto, en el que se detallen todas las fases que constituyen el proceso de fabricación, como son: Recepción de materiales, fabricación de componentes y subensambles, proceso de fabricación, procesos de ingeniería y métodos, inspección de instrumentos de medición y herramientas, calificación de soldadores y pruebas entre otros.

Dicho documento será lo suficientemente amplio, detallado y claro, a fin de conocer los procedimientos del control de calidad que se efectuará en este proyecto.

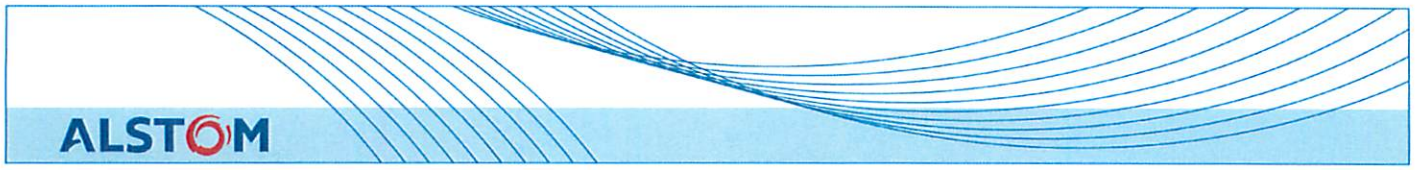
6.2 Responsabilidad.

La supervisión que realice el S.T.C. no exime de modo alguno a Alstom de la responsabilidad sobre la calidad y resultados que se deriven de la fabricación de los trenes.

6.3 Fases de la Supervisión.

6.3.1 Supervisión en la Recepción de Materiales y Componentes.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.



A fin de constatar el apego a Normas, especificaciones y/o planos autorizados por el S.T.C., toda materia prima, productos de maquila, partes, conjuntos y sistemas provenientes de otros fabricantes, será objeto de control por parte de los supervisores de éste y de Alstom. Cuando el personal del S.T.C. lo solicite, se llevará a cabo esta supervisión, debiendo se entregar todos los certificados de calidad requeridos.

Se preverá, en los contratos que celebre con sus asociados, la inclusión de una cláusula en la que se especifique que personal del S.T.C. puede participar en la supervisión de la fabricación de sus equipos, así como en la realización de las pruebas tipo y serie de producto terminado en sus instalaciones.

Se proporcionará al personal del S.T.C. copia de cada pedido que solicite a sus diversos suministradores con motivo de esta fabricación de trenes, con lo que se podrá establecer un programa conjunto de supervisión.

6.3.2 Supervisión en el Proceso de Fabricación.

Tiene como propósito realizar el control en las instalaciones de Alstom, en todas las posiciones del proceso, incluyendo las de fabricación de subensambles, acabados y pruebas; se consideran también los procesos de evaluación de soldadores y de ajustes del herramental.

Se darán todo tipo de facilidades para este propósito al personal del S.T.C., así como toda la información y colaboración del personal de control de calidad de Alstom y del que se requiera para efectuar las inspecciones o pruebas solicitadas.

Además de las inspecciones y pruebas en las diferentes fases del proceso se realizarán pruebas a los equipos y sistemas instalados en los carros, así como al tren como conjunto; en términos generales estas pruebas consisten en:

- **Pruebas prototipo** son las que se efectúan al equipo de un nuevo diseño no experimentado en el S.T.C., en este caso Alstom se obliga a ajustar los equipos a las condiciones de servicio establecidas en esta especificación. Dado que se trata de equipos de nueva incorporación, el protocolo será propuesto para aprobación del S.T.C.

  Para ciertos elementos esenciales, se efectuarán pruebas de control de resistencia (ensayos extensométricos de caja y bogie) sobre los elementos prototipos o sobre piezas especialmente construidas para estas pruebas, antes de iniciar la fabricación de piezas en serie. Estas pruebas serán efectuadas en presencia de los representantes del S.T.C. y darán lugar a reportes que se entregarán al S.T.C. para su análisis correspondiente.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

Además, se ajustarán a los valores y procedimientos estipulados en los diferentes numerales de que consta la presente especificación; los equipos, instrumentación y elementos de carga necesarios para la ejecución de estas pruebas serán con cargo de Alstom.

- **Pruebas tipo**, son las que se realizan obligatoriamente a los equipos cabeza de serie y al primer tren fabricado, previo a la producción en serie, a fin de constatar el cumplimiento de la especificación acordada.

- **Pruebas serie**, son aquellas que se realizan para verificar que la fabricación se ajusta a lo estipulado en el proyecto. Las pruebas serie se realizan a la totalidad de equipos y trenes fabricados con el fin de certificar su calidad y adecuado funcionamiento.

Se proporcionará al S.T.C., para su análisis y aprobación, cuando menos un mes antes del inicio de las pruebas correspondientes, los protocolos de las pruebas prototipo, tipo y serie que se aplicarán, tanto las que deben ejecutarse durante el proceso mismo de fabricación como aquellas que se efectuarán a los carros una vez que se encuentren debidamente terminados.

Por otra parte, con esta misma anticipación de tiempo, se entregarán al S.T.C. los protocolos de pruebas prototipo, tipo y serie de los equipos que se realizarán en las instalaciones de sus asociados, para análisis y aprobación, así como para programar con oportunidad la participación del S.T.C.

El S.T.C. definirá si es necesario realizar más pruebas de las previstas en el documento mencionado, debiéndose incorporar las que se acuerden procedentes con Alstom.

6.3.3 Supervisión de Herramientas para el Proceso de Ensamble.

Esta etapa tendrá como objeto evaluar la precisión y confiabilidad de las herramientas, equipos e instrumentos de medición que regularmente se emplean en el proceso de fabricación de los carros, mediante la presentación y validación de los certificados de calibración emitidos por una entidad certificada. Dentro del plan general de aseguramiento de la calidad, se indicará el procedimiento y programas de control para garantizar el correcto funcionamiento de los elementos mencionados.

6.4 Autorización de Embarque.

Una vez que se concluyan las actividades de fabricación previstas para los carros que forman cada tren, así como las pruebas especificadas en los protocolos correspondientes y cuyos resultados, en ambos casos, satisfagan los requerimientos del S.T.C. será elaborada un acta de autorización de embarque, indicando la numeración y tipo de cada carro de que se compone el tren en cuestión. Esta acta será firmada por los representantes del S.T.C. y de Alstom.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

Anexo a dicho documento, se proporcionará al S.T.C., en tres copias, el expediente completo con los registros siguientes:

- Certificados de pruebas.
- Certificados de calidad de componentes y equipos del tren durante su fabricación.
- Números de serie de los principales equipos del tren.
- Listado de observaciones efectuadas por el personal de supervisión del S.T.C. en planta y que Alstom corregirá antes de la puesta en servicio del tren correspondiente.

El transporte, protección de los carros, así como la integridad de los equipos durante el traslado de los trenes entre la planta y los talleres del S.T.C. serán total responsabilidad de Alstom.

6.4.1 Acta de inspección de llegada de tren a instalaciones del S.T.C..

A la llegada del tren a las instalaciones del S.T.C. se elaborará en forma conjunta entre Alstom y el S.T.C. un acta de inspección visual del estado en que llegó dicho tren conforme al protocolo correspondiente.

6.5 Acondicionamiento y Pruebas.

Una vez que se ha efectuado el traslado del tren a instalaciones del S.T.C., Taller de Mantenimiento Sistemático Tláhuac, se iniciará su acondicionamiento con el propósito de lograr su puesta en operación.

Para el mencionado acondicionamiento, se efectuarán las siguientes actividades:

- Montaje de partes y componentes complementarios, en caso de ser necesario. Sólo se aceptarán ensambles finales en las instalaciones del S.T.C..
- Verificación general.

Estas dos etapas se desarrollarán siguiendo el instructivo que establecerán el S.T.C. y Alstom de manera conjunta, con la premisa de que ambas fases de acondicionamiento serán efectuadas por el personal de Alstom, quedando bajo su responsabilidad la correcta ejecución de estos trabajos. el S.T.C. realizará las supervisiones que juzgue pertinentes.

Al concluir las actividades correspondientes al acondicionamiento, se notificará a la supervisión del S.T.C. con la finalidad de dar inicio a la fase de pruebas. Las pruebas a realizar a los trenes en instalaciones del S.T.C., se dividen en 5 tipos:

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

- Estáticas.
- Dinámicas.
- Sistemas del tren que interactúan con la instalación fija.
- De asentamiento.
- Tipo de funcionamiento, sólo en el primer tren.

Durante la ejecución de las pruebas estáticas y dinámicas que se efectuarán en taller y vía de pruebas respectivamente, el S.T.C. actuará como coordinador del programa establecido, en tanto que Alstom lo hará como ejecutor y responsable de las pruebas.

Alstom se hará cargo de las pruebas de los equipos del tren que interactúen con la instalación fija en forma integral, apoyado por los proveedores de los mismos, a través de la coordinación del S.T.C.
Las pruebas de asentamiento serán realizadas por Alstom. Estas pruebas se realizaran con tren sin pasajeros y tendrán por objeto comprobar que el funcionamiento del tren como conjunto y de sus sistemas es correcto y que el tren cumple con las prescripciones exigidas en el contrato y sus documentos de apoyo. Durante estas pruebas recorrerá en la línea 12 por lo menos 1200 Km.

Las pruebas tipo del funcionamiento del tren se llevarán a cabo en el primer tren fabricado, previo a su puesta en servicio, con la participación de Alstom, los fabricantes de equipos principales y el S.T.C.

6.6 *Recepción para Puesta en Servicio. (Recepción Provisional)*

Conforme al programa de entrega de trenes establecido, la recepción para puesta en servicio se realizará una vez que el tren haya cumplido satisfactoriamente con todo el protocolo de pruebas de recepción. Procediendo a contabilizarse los períodos de garantía de acuerdo a lo establecido en el capítulo 10 "*Garantías*", correspondiente a garantías, de esta especificación.

Para ello, se elaborará un acta de recepción para puesta en servicio, una vez que se hayan cubierto todos los puntos pendientes detectados en las pruebas. Si existen pendientes menores que no afecten la seguridad y el funcionamiento adecuado del tren previa valoración del S.T.C., el tren podrá ser recepcionado para su puesta en servicio, adjuntando al acta de recepción el programa de atención de dichos pendientes, cuyo plazo de término no excederá de 3 meses, en caso de que no se hagan las correcciones dentro de este plazo el S.T.C. Aplicará las penas convencionales de acuerdo al contrato.

En ningún caso se recepcionará para puesta en servicio algún tren en condiciones que afecten la seguridad y niveles de funcionamiento especificados para el mismo.

Se tiene prevista la inauguración de la primera etapa de la Línea 12 con 7 trenes conforme al programa de entregas, para los 7 primeros trenes una vez terminadas sus pruebas de asentamiento, quedarán estacionados en

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

garage y debidamente resguardados hasta la fecha de la inauguración. Para estos 7 trenes y para el resto del lote de los trenes el periodo de garantía correrá a partir de su puesta en servicio con usuarios en la Línea 12.

6.7 *Recepción por fin de Contrato. (Recepción Definitiva)*

Cuando el lote de trenes haya cubierto un periodo de 24 meses cumpliendo con los niveles de calidad de servicio establecidos en esta especificación y siempre y cuando no se tengan fallas sistemáticas y/o vicios ocultos no resueltos, se efectuara la recepción definitiva por fin de contrato del lote de trenes como conjunto.

7 *EVALUACIÓN DE SEGURIDAD, FIABILIDAD Y DISPONIBILIDAD DURANTE EL PERIODO DE GARANTÍA.*

Alstom cumplirá con los niveles de seguridad, fiabilidad, disponibilidad que en este numeral se definen. Dichos parámetros así como la periodicidad y metodología de cálculo se establecen en este apartado y en el ANEXO N. Su nivel de cumplimiento será motivo de una evaluación periódica en los términos establecidos en este numeral y en el ANEXO N.

7.1 *Averías que afectan la seguridad.*

Esta categoría comprende averías que podrían afectar la integridad física del usuario y/o provocar daños en el tren y/o instalaciones. Alstom deberá entregar al S.T.C., con el proyecto executivo, el resultado de un análisis de seguridad de los sistemas que conforman el tren propuesto, de acuerdo al numeral 2.13 "Seguridad", que demuestre que las ocurrencias de fallas se darán conforme el Plano de Seguridad (ver anexo O). Asimismo en el desarrollo de las actividades de mantenimiento deberá prever controles de calidad que permitan altos niveles de seguridad.

7.2 *Fiabilidad.*

Se exigirá el cumplimiento de requisitos mínimos de fiabilidad; como se indica a continuación.

7.2.1 *Especificación de la Fiabilidad.*

La fiabilidad se evaluará mediante la distancia media entre fallas (Mean Distance Between Failures, MDBF), y se entenderá por tal concepto la relación que existe entre el recorrido realizado por el lote de coches recepcionados y puestos en servicio y el número de fallas presentadas durante dicho recorrido por el lote de coches.

$$MDBF = \frac{Kilómetros \quad recorridos}{Número \quad de \quad fallas}$$

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

Alstom cumplirá con los siguientes niveles de fiabilidad MDBF indicados en este documento.

7.2.2 Fiabilidad por lote y MDBF especificado.

El indicador de fiabilidad MDBF es igual a la distancia recorrida en kilómetros por el lote de coches recepcionados para puesta en servicio y con periodo de puesta a punto cubierto, entre la cantidad total de sus averías en dicho período. Se consideran las averías que se detectan durante la operación de los trenes, así como las averías que se detectan durante las actividades de mantenimiento o durante la permanencia del tren en taller, garage o fosa de visita. Durante el mantenimiento las piezas que se cambian por desgaste normal de fin de vida útil que no causaron averías, no se contabilizan para efectos de fiabilidad. Para la imputabilidad y calificación de las averías se respetará lo que se indica en el numeral *7.2.4 "Procedimiento de evaluación de la fiabilidad"*.

El MDBF que se exige será de 8,933 km/averías.

La medida de la fiabilidad por lote MDBF se hará de acuerdo a la siguiente formula:

$$MDBF = \frac{\sum_{n=1}^{N} KM_{T_n}}{\sum_{n=1}^{N} AV_{T_n}} \geq 8{,}933\_KM/AVERIAS \quad \text{..... (7.2.2)}$$

Donde:

MDBF = Fiabilidad por lote (MDBF recorrido medio entre averías del lote de coches recepcionados para puesta en servicio y con periodo de puesta a punto cubierto).

.

KM_{Tn} =Soma de la Kilometraje total recorrido por los coches del tren Tn, recepcionado para puesta en servicio y con periodo de puesta a punto cubierto en el periodo a evaluar.

AV_{Tn}=Total de averías, del tren Tn, recepcionado para puesta en servicio y periodo de puesta a punto cubierto en el periodo a evaluar.

N = Cantidad de trenes recepcionados para puesta en servicio y con periodo de puesta a punto cubierto en el periodo a evaluar.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

No serán consideradas como averías, aquellas que sean originadas por:

- Los accidentes cuya causa no es atribuible a una falla
- Inadecuado mantenimiento
- Fallas que sean originadas por vandalismo
- Inadecuada operación del equipo o agentes externos al servicio
- Factores externos al tren
- Condiciones ambientales extraordinarias (inundaciones, etc.)
- Interdependientes o que se deriven de: un componente defectuoso puede provocar errores en otros componentes secuenciales. Para evitar duplicidades, fallas interdependientes o derivados no serán considerados como fallas, pero serán atribuidas a la falta original
- Desgaste normal de las piezas

Para estos casos Alstom demostrará técnica y documentalmente que estas averías no le son imputables, siendo necesaria la valoración y en su caso aprobación por el S.T.C. de los documentos presentados.

7.2.3 Especificación de la Fiabilidad por Sistema.

7.2.3.1 Clasificación de los Sistemas del Tren.

Para la evaluación de la fiabilidad por sistema, se considerará la clasificación de los sistemas del tren que se detallan a continuación, esta clasificación no es limitativa, en caso de haber omitido algún componente de algún sistema, Alstom lo incluirá en el grupo correspondiente.

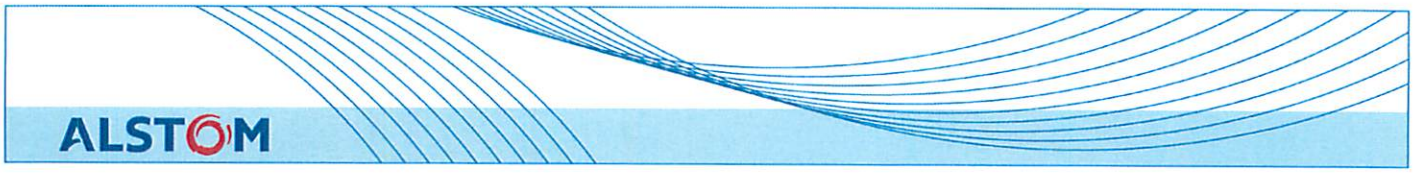
- **Sistema de Tracción-Frenado.**

Equipos electrónicos de control de tracción-frenado, cableado, conectores, filtros, disyuntores, contactores, semiconductores de potencia, motores, resistencias, relevadores, transductores, conmutadores, protecciones eléctricas, manipulador de tracción-frenado, entre otros.

- **Sistema de Antibloqueo.**

Equipos electrónicos de control, transductores, protecciones eléctricas, sensores de velocidad, electroválvulas, presostatos, tuberías, reguladores, válvulas, entre otros.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.



- **Sistema de Generación y Distribución de Energía Eléctrica.**

Pantógrafo, escobillas negativas y de masa, convertidores estáticos, baterías, cableado, conectores, contactores, relevadores, conmutadores, protecciones eléctricas, fusibles, entre otros.

- **Sistemas de Informática Embarcada, de Mando y Control.**

Unidades de tratamiento de la información, unidades de control programables, módulos de entradas y salidas, transductores, pantallas, conectores, cableado, botones, relevadores, conmutadores, protecciones eléctricas, entre otros.

- **Sistema de Puertas de Pasajeros.**

Equipo de control, motores eléctricos, mecanismos, cableado, conectores, relevadores, conmutadores, interruptores, sensores, protecciones eléctricas, hojas de puertas de acceso al salón de pasajeros, entre otros.

- **Sistema de Generación y Distribución de Aire Comprimido.**

Motores, unidad compresora, secadores, cableado, conectores, relevadores, transductores, presostatos, conmutadores, protecciones eléctricas, mangueras, tuberías, depósitos de aire, filtros, válvulas, entre otros.

- ***Sistemas Mecánicos.***

Conjunto del bogie, bastidor, suspensiones primaria y secundaria, bloques de frenado, electroválvulas de frenado, freno de estacionamiento, caja de grasa, reductores, ruedas metálicas, rodamientos, acoplamiento motor-reductor, unión caja-bogie, enganches mecánicos, defensas, entre otros.

- ***Sistema de Comunicación.***

Equipo centralizado de información y megafonía, módulos de control, bocinas, micrófonos, cableado, conectores, botones, relevadores, conmutadores, protecciones eléctricas, monitores, entre otros.

- ***Sistema de Señalización y Registro.***

Caja de señalización, numerador de tren, indicador de destino, registrador electrónico de eventos, transductores, velocímetros, cableado, conectores, botones, señalizaciones ópticas y acústicas, relevadores, equipo de transmisión remota, conmutadores, protecciones eléctricas, entre otros.

- ***Sistema de Videovigilancia (CCTV).***

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

Incluye: cámaras en el interior de los carros, monitores en cabina, equipo de control, equipo de grabación, tomas, antenas, cableados, transmisores, receptores, decodificadores, equipos periféricos, entre otros.

- ***Caja.***

Carrocerías, soportería bajo bastidor, cabinas, accesorios, puertas de cabina, cristales, pisos, revestimientos, pasillos de intercirculación, asientos, ventanas, ventilación, filtros, alumbrado, cableado, conectores, acopladores eléctricos, relevadores, conmutadores, protecciones eléctricas, pasamanos, cofres laterales e inferiores, entre otros.

7.2.3.2 Fiabilidad por Sistema y $MDBFS_X$ especificado

$$MDBFS_X = \frac{\sum_{n=1}^{N} KM_{T_n}}{\sum_{n=1}^{N} AV_{T_n}} \quad \text{..... (7.2.3.2)}$$

Donde:

X = Sistema a evaluar (según la tabla 7.2.3.2_Fiabilidades por Sistema).

$MDBFS_X$ = Fiabilidad del sistema a evaluar

.

KM_{Tn} =Soma de la Kilometraje total recorrido por coches del tren Tn, recepcionado para puesta en servicio con periodo de puesta a punto cubierto
en el periodo a evaluar.

AV_{Tn}=Total de averías del sistema a evaluar del tren Tn, recepcionado para puesta en servicio con periodo de puesta a punto
cubierto en el periodo a evaluar.

N = Cantidad de trenes recepcionados para puesta en servicio con periodo de puesta a punto cubierto en el periodo a
Evaluar.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

Los valores mínimos de fiabilidad especificados $MDBFS_X$ para cada uno de los sistemas del lote de coches, se establecen en la siguiente tabla:

TABLA 7.2.3.2 FIABILIDADES POR SISTEMA.

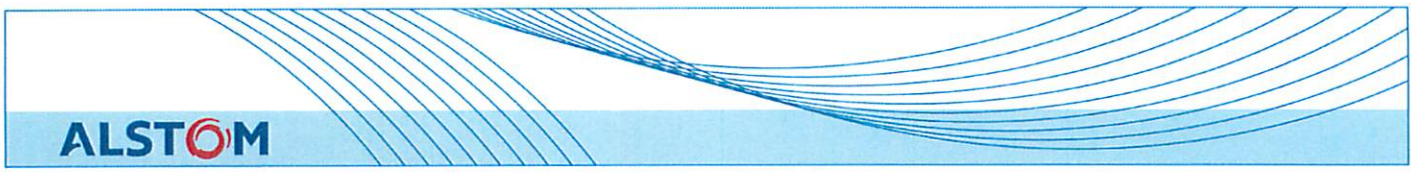
SISTEMAS	$MDBFS_X$ (Km/avería)
Tracción- Frenado	50,000
Antibloqueo	120,000
Generación y Distribución de Energía Eléctrica	100,000
Informática Embarcada, Mando y Control	120,000
Puertas de Pasajeros	90,000
Generación y Distribución de Aire Comprimido	200,000
Sistemas Mecánicos	100,000
Comunicación	120,000
Señalización y Registro	120,000
Caja	80,000
Circuito Cerrado de Televisión (CCTV).	100,000

La fiabilidad $MDBFS_X$ para esta categoría será mayor o igual a la marcada para cada uno de los sistemas en la TABLA DE FIABILIDADES POR SISTEMA. Se evaluará para periodos de 30 días a partir de que se haya cubierto el periodo de puesta a punto de 15 días de cada uno de los trenes considerados en la evaluación.

7.2.4 Procedimiento de Evaluación de la Fiabilidad.

La imputabilidad de las averías para efecto del cálculo de fiabilidad por tren y por sistemas se determinará de común acuerdo entre Alstom y el S.T.C. respetando los siguientes criterios:

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.



- **Avería o falla,** es una anomalía que afecta el funcionamiento normal del tren o de sus equipos, presentada durante la operación del tren, el mantenimiento del mismo, al realizar pruebas o cualquier verificación.
- Para el caso de las averías reportadas que no se presenten al hacer la revisión, es decir fallas fugitivas del tren, se recurrirá a: la extracción de la información almacenada en los equipos informáticos del tren y de sus distintos sistemas, cualquier evidencia de que hubo avería demostrada a través de los medios anteriores, será condición suficiente para imputar estas averías a Alstom, independientemente de que se encuentre o no la causa de la avería.
- Para el caso de las averías fugitivas y/o repetitivas de las cuales no se encuentra ninguna evidencia de su existencia a través de los medios del párrafo anterior, no serán consideradas como avería, salvo que en un periodo de 15 días se repita 3 veces el mismo reporte de avería y con características similares, en este caso se considerará, para efectos de evaluación de la fiabilidad a partir de la primera avería más las que se acumulen en el periodo de evaluación.
- Para el caso de las averías que son normalizadas a través del "restablecimiento o reseteo" de los equipos, estas también serán contabilizadas como avería.
- Todas las averías previa su intervención serán reportadas conforme al procedimiento que se establezca en forma conjunta entre el S.T.C. y Alstom. En caso que la avería tenga que ser atendida por personal del S.T.C. por estar afectando el servicio, se le dará el tratamiento de avería fugitiva para determinar su imputabilidad.

La evaluación de la fiabilidad se llevará a cabo de la siguiente manera:

- La evaluación de la fiabilidad del lote de trenes se realizará conforme a la formula 7.2.2 y será evaluada cada 30 días, considerando las fallas presentadas por el lote de trenes recepcionados para puesta en servicio y con periodo de puesta a punto cubierto.
- La evaluación de la fiabilidad para los sistemas del lote de trenes se realizará conforme a la formula 7.2.3.2 y será evaluada cada 30 días, considerando las fallas presentadas por el lote de trenes recepcionados para puesta en servicio y con periodo de puesta a punto cubierto.

Para todos los casos cada tren tendrá a partir de su puesta en servicio con usuarios en Línea 12 un **periodo de puesta a punto** de 15 días, tiempo durante el cual no se le evaluará la fiabilidad ni se contabilizará para efectos de garantía.

Alstom se obliga a entregar al S.T.C. cada uno de los reportes de evaluación de fiabilidad debidamente validados por el S.T.C. a más tardar dentro de los primeros 15 días naturales posteriores al periodo de evaluación.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

7.3 *Averías que Provocan Afectaciones al Servicio*

Para el cálculo del nivel de afectación al servicio **NAFS** se considerarán todas las averías que se presenten durante la operación de los trenes de la Línea 12 y que como consecuencias de cada una de estas averías se tenga un retraso en el servicio mayor o igual a 4 minutos. Para esta evaluación se utilizará la información del Puesto de Control Central del S.T.C (Informe Diario de Operación de la Línea 12) respecto a los retrasos ocasionados por las distintas averías imputables al Material Rodante.

Dentro de este tipo de averías están las que ocasionan retraso por:

Trenes con pérdida de conducción, trenes con tracción lenta, trenes desalojados por afectar la seguridad, trenes que tienen que ser remolcados, trenes que provocan cortocircuitos con afectaciones a la alimentación general, trenes que para continuar su marcha requieren la ejecución de maniobras sobre este, entre otras. Solo se considerarán las averías que sean imputables a Alstom, utilizando el criterio establecido en el numeral *7.2.4 "Procedimiento de evaluación de la fiabilidad"*

Para el lote de trenes se evaluará este tipo de afectaciones a través del **Nivel de Afectaciones al Servicio (NAFS)**. Se exigirá el nivel de cumplimiento siguiente:

NAFS ≤ 50

El cual se calculará de la siguiente manera:

$$NAFS = \frac{TAFS}{0.37 \times N_{ts}} \leq 50 \qquad \text{...(7.3)}$$

TAFS = Suma de los tiempos de retardo expresado en minutos, por averías que afectaron la operación con tiempos mayores o iguales a 4 minutos de todos los trenes recepcionados para puesta en servicio con su periodo de puesta a punto cubierto.

N_{ts} = Numero de trenes recepcionados para puesta en servicio con su periodo de puesta a punto cubierto durante el periodo a evaluar.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

El tiempo de afectaciones al servicio (TAFS), se evaluara por periodos de 30 días, considerándose para cada tren a partir de su recepción para puesta en servicio un periodo de puesta a punto de 15 días, durante los cuales no se evaluara.

7.4 *Disponibilidad.*

El horario de servicio para efectos de evaluación se considerará de las 5:00hrs a las 00:30 hrs en días hábiles, sábados de las 6:00 hrs a las 00:30 hrs, domingos y días festivos de las 7:00 hrs a las 00:30 hrs.

La evaluación de este concepto estará en función de la siguiente clasificación.

Disponibilidad operativa en hora punta: Por este concepto se entenderá el nivel de cumplimiento de Alstom de trenes disponibles para el servicio, por causas imputables a este, evaluado en días hábiles durante las horas de servicio de las 6:00 a las 11:00 hrs. para la hora punta matutina y de 16:00 a las 22:00 hrs., para la hora punta vespertina (estas franjas horarias de las horas punta matutina y vespertina podrán variar de acuerdo a las necesidades del servicio, pudiéndose ajustar previa notificación del S.T.C., a Alstom con los consecuentes ajustes a las fórmulas de cálculo de disponibilidad). El nivel mínimo de disponibilidad (D) será mayor o igual al 97,5%.

Se calculará de la siguiente forma:

$$DOHP_M = \frac{100\sum_{i=1}^{i=m}\left(\left(LT_{RPS} - \frac{TD_{6-7}+TD_{7-8}+TD_{8-9}+TD_{9-10}+TD_{10-11}}{5}\right)\div LT_{RPS}\right)_i\%}{m} \quad \text{.... (7.4.1)}$$

$$DOHP_V = \frac{100\sum_{i=1}^{i=m}\left(\left(LT_{RPS} - \frac{TD_{16-17}+TD_{17-18}+TD_{18-19}+TD_{19-20}+TD_{20-21}+TD_{21-22}}{6}\right)\div LT_{RPS}\right)_i\%}{m} \quad \text{....}$$

(7.4.2)

$DOHP_M$ = Disponibilidad operativa en hora punta matutina.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

$DOHP_V$ = Disponibilidad operativa en hora punta vespertina.

LT_{RPS} = Lote de trenes recepcionados y puestos en servicio con periodo de puesta a punto concluido.

n = Hora de evaluación (considera cada hora desde el inicio de la hora punta hasta el final de la hora punta).

$TD_{(n)\ a\ (n+1)}$ = Número máximo de trenes detenidos imputables a "EL PRESTADOR DE SERVICIOS" para las diversas actividades de mantenimiento (preventivo, correctivo y trabajos especiales) entre la hora punta n y n+1, contabilizados a partir de que el S.T.C. ponga a disposición de "EL PRESTADOR DE SERVICIOS" el tren, y hasta que el tren sea entregado al S.T.C. por "EL PRESTADOR DE SERVICIOS" a través del reporte correspondiente. Se contabilizarán los trenes detenidos en intervalos de una hora mientras dure la hora punta ya sea matutina o vespertina. En caso de que un tren sea puesto a disposición de "EL PRESTADOR DE SERVICIOS" cinco minutos antes del término de la hora, se considerará para efectos del cálculo la hora inmediata superior.

m = Total de días hábiles con horas punta comprendidos en el periodo de evaluación.

$$D = \frac{DOHP_m + DOHP_v}{2} \geq 97{,}5\% \qquad \text{.....(7.4.3)}$$

El nivel de disponibilidad (D) exigido será ≥ 97,5%.

Para los horarios valle en días hábiles, fines de semana y días festivos, dado que no se evaluará la disponibilidad, no se podrán detener por actividades de mantenimiento preventivo, correctivo y/o trabajos especiales imputables a Alstom más de 2 trenes en el mismo horario.

La disponibilidad (D) en función de $DOHP_M$ y $DOHP_V$ del lote de trenes en servicio se evaluará de acuerdo a las expresiones 7.4.1, 7.4.2 y 7.4.3 para periodos de 30 días de servicio, iniciándose a partir de la conclusión del periodo de puesta a punto de cada tren. Esta se determinará a través de la cantidad de trenes fuera de servicio por cualquier causa imputable a Alstom.

8 *SERVICIO DE POSTVENTA.*

Alstom se obliga a prestar el servicio de mantenimiento Integral en todas sus modalidades, al lote de trenes objeto de esta especificación, incluyendo los equipos, refacciones y materiales de consumo que se requieran para las actividades de mantenimiento, así como ingenieros especialistas en los equipos principales del tren y la mano de obra calificada en todos sus niveles y especializados durante la vigencia de la garantía del lote de trenes. La

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

cantidad y especialidades de los ingenieros especialistas será acordada entre el S.T.C. y Alstom durante la etapa de revisión de diseño.

Para lo anterior Alstom presentará al S.T.C., por lo menos seis meses antes de la recepción para puesta en servicio del primer tren, **el plan de mantenimiento** para su revisión y validación, en el entendido de que el S.T.C., entregará a Alstom sus observaciones al plan de mantenimiento 30 (treinta) días naturales después de su recepción.

8.1 Plan de mantenimiento.

El plan de mantenimiento que presente Alstom contenerá de una manera amplia y detallada la siguiente información:

Actividades, periodicidades, tiempos de ejecución, procedimientos de trabajo, refacciones y materiales (logística), recursos humanos, equipos y herramientas, calificación ponderada de las actividades de mantenimiento de acuerdo al numeral 8.2.4 *"Calificación Ponderada de las Actividades de mantenimiento"*, formatos para reportes de trabajo y control de actividades, recursos informáticos para la administración y gestión del mantenimiento, control de calidad, normas de seguridad, organización del trabajo, personal, horarios y turnos, etc., más la documentación que Alstom considere necesaria para establecer el plan de mantenimiento.

Asimismo demostrará que este plan se apega a la norma **ISO 9000** o equivalente correspondiente a servicios de mantenimiento y máximo después de 12 meses de iniciados los trabajos de mantenimiento, contará con la certificación correspondiente emitida por una entidad acreditada internacionalmente.

8.2 Mantenimiento Preventivo.

El mantenimiento preventivo es el conjunto de las acciones a efectuar según criterios determinados previamente por Alstom del tren y por los fabricantes de sus diferentes equipos, para asegurar el correcto funcionamiento del tren, conforme a las exigencias de fiabilidad, seguridad, disponibilidad, mantenibilidad, confort e imagen exigidas en esta especificación, además de lo establecido en los manuales de mantenimiento de los fabricantes, Alstom considerará las actividades adicionales de mantenimiento que se requieran de acuerdo a las exigencias de la operación. Estas acciones se efectuarán por personal técnico debidamente capacitado por Alstom con base en los manuales técnicos correspondientes y bajo la supervisión de éste.

De manera informativa más no limitativa se efectuarán los siguientes tipos de mantenimiento, más los que Alstom considere necesarios, de acuerdo a su plan de mantenimiento:

- ✓ ***Mantenimiento Sistemático de corta periodicidad.*** Este tipo de mantenimiento se realizará de acuerdo a las periodicidades y recorridos establecidos en los manuales de mantenimiento del fabricante de los trenes y de los distintos equipos del tren y podrán ser ajustados de acuerdo a las condiciones de operación en el servicio.
- ✓ ***Mantenimiento Mayor.*** Son las actividades de OVER HAUL (Gran revisión), que permiten restituir al tren y a sus equipos sus características originales de operación, que permitan a

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

estos mantener los niveles originales de seguridad, fiabilidad, disponibilidad, confort e imagen. Estas actividades se realizarán de acuerdo a las periodicidades y recorridos establecidos en los manuales de mantenimiento del fabricante de los trenes y de los distintos equipos del tren y podrán ser ajustadas de acuerdo a las condiciones de operación en el servicio.

8.2.1 Programa De Mantenimiento

Alstom entregará para su validación en forma oficial al S.T.C., tres meses antes de la puesta en servicio del primer tren, el Programa de Mantenimiento para doce meses. Este programa se ajustara a periodos de 30 días. Una semana antes del termino de cada periodo de 30 días Alstom elaborara un nuevo programa correspondiente al siguiente periodo de 30 días de acuerdo a los kilómetros reales recorridos hasta ese momento, con la proyección de kilometraje a recorrer en dicho periodo, debiéndose además considerar para efectos de la programación de entrada de los trenes a talleres, un programa semanal en función de los kilometrajes reales recorridos.

Semanalmente, los días miércoles, Alstom entregará al jefe de taller, con el visto bueno del Área de Supervisión de Fabricación de trenes del S.T.C., el programa de mantenimiento correspondiente a la semana siguiente.

Los programas anuales subsecuentes serán entregados por Alstom al S.T.C. tres meses antes del inicio del ciclo correspondiente, esto durante toda la vigencia del contrato de fabricación y mantenimiento durante el periodo de garantía.

Diariamente al término de las actividades el responsable del mantenimiento por parte de Alstom entregará al jefe del taller, con el visto bueno del Área de Supervisión de Fabricación de Trenes los reportes correspondientes con toda la información respecto a las actividades realizadas, refacciones y materiales utilizados, horarios de inicio y termino de actividades y cualquier otra información relevante respecto al mantenimiento realizado.

8.2.2 Modificaciones a los criterios de mantenimiento

Cuando de acuerdo a las condiciones de operación y comportamiento del tren y sus diferentes equipos sea necesario modificar los criterios de mantenimiento (periodicidad, intervalo de kilometraje entre mantenimientos, actividades de mantenimiento, etc.), respecto a los establecidos originalmente en los manuales de mantenimiento y en el plan de mantenimiento Alstom y/o el S.T.C., lo pondrán a consideración y en caso de existir la justificación y ser aprobado por ambas partes, se elaborarán los ajustes correspondientes al plan de mantenimiento y al programa de mantenimiento.

8.2.3 Evaluación del Mantenimiento Preventivo

El servicio de mantenimiento se evaluará en su calidad y cantidad, tomando como base los criterios establecidos en los documentos del plan de mantenimiento. Para las actividades programadas por intervalos de tiempo se darán como cumplidas siempre y cuando se realicen en la fecha establecida en el programa semanal; para las actividades que se programan según el recorrido kilométrico de los trenes se consideraran como cumplidas siempre y cuando se realicen en la fecha en que fueron programadas, considerándose en este caso un margen kilométrico máximo del 10 % del kilometraje respecto al establecido en los manuales de mantenimiento del

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

fabricante de trenes y sus equipos o del que se haya determinado modificar en los términos del numeral *8.2.2 "Modificaciones a los criterios de mantenimiento"*.

La evaluación del servicio de mantenimiento se hará por periodos de 30 días, considerando los criterios anteriores. Para las actividades programadas o reprogramadas que no se realicen según el programa semanal y/o hayan rebasado el criterio máximo del 10% de los kilómetros especificados, se consideraran como no realizadas y se aplicaran los descuentos y penas convencionales correspondientes, hasta que estas sean realizadas. Así mismo si habiéndose realizado, estas no cumplen con la calidad establecida, se consideraran como no cumplidas para efectos de evaluación, y se aplicarán las penas convencionales, hasta que estas sean realizadas correctamente.

En caso de incumplimiento de cualquier actividad se aplicarán las penas indicadas en el contrato correspondiente.

Cualquier actividad no realizada por Alstom que a juicio del S.T.C. ponga en riesgo la seguridad, este ultimo podrá exigir la detención del tren hasta que haya sido ejecutada a satisfacción del S.T.C., considerando los tiempos de inmovilización por esta causa como imputables a Alstom. El hecho de que el S.T.C. no reporte nada anormal no exime de su responsabilidad a Alstom. El incumplimiento reiterativo será motivo de penas convencionales establecidas en el contrato.

8.2.4 Calificación Ponderada de las Actividades de Mantenimiento

Como parte del plan de mantenimiento Alstom considerará una calificación ponderada de las actividades de mantenimiento, es decir, agrupará todas las actividades por sistemas y subsistemas funcionales, considerando como unidades según su cobertura: tren, carro u órgano, para esta agrupación de actividades por sistemas y subsistemas funcionales, presentará una calificación ponderada en puntos para cada actividad en función de su impacto e importancia en la seguridad, operación de los sistemas y costo unitario. Esta ponderación será puesta a consideración del S.T.C., quien podrá hacer los ajustes que considere convenientes. Una vez convenido entre ambas partes el valor ponderado, este será utilizado para evaluar el nivel de cumplimiento de las actividades programadas en cada periodo de evaluación de 30 días.

8.2.5 Imagen y confort

Alstom llevará a cabo todas las actividades necesarias para el mantenimiento, que aseguren la adecuada imagen, aspecto interior y exterior de los carros y de las cabinas, derivadas del normal deterioro producido durante la operación (pintura, reparación de paneles de poliéster, módulos de asientos, aplicación de productos protectores, sustitución periódica de láminas antiscratch, etc.), además todas las actividades necesarias para la conservación de la pintura exterior.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

8.3 *Mantenimiento Correctivo.*

El mantenimiento correctivo es el conjunto de las acciones de reparación, efectuadas para volver a poner los sistemas o los órganos en estado de funcionamiento, después de una falla que haya alterado o suprimido su capacidad para cumplir con la función requerida.

Las intervenciones de mantenimiento correctivo serán jerarquizadas en niveles de mantenimiento, caracterizados por su naturaleza y los lugares donde se deban efectuar los trabajos correspondientes.

Primer nivel. Tiene por objetivo, en un tren, localizar y corregir la falla y si es el caso la sustitución del equipo defectuoso (aparato, cajón, bloque o módulo), para que el tren esté disponible en el menor tiempo posible, dentro de este tipo de avería se consideran los reset o restablecimiento de los equipos electrónicos sea motivado por software o hardware.

Segundo nivel. Con el equipo desmontado por las intervenciones del primer nivel, se localizará el componente defectuoso (subconjunto o tarjeta) y se reemplazará.

Tercer nivel. Tiene por objeto reparar, a nivel de componentes los subconjuntos o tarjetas desmontados en las intervenciones de primer y/o segundo nivel, empleando bancos de prueba y herramientas especiales.

El primer nivel de mantenimiento podrá realizarse en: fosas de visita, en el taller de mantenimiento, excepcionalmente en vías secundarias y en vías de servicio.

El segundo y el tercer nivel se podrán efectuar en un taller de mantenimiento, centralizado o no, según el equipo de que se trate.

Las actividades de mantenimiento correctivo estarán organizadas de tal forma que aseguren la mayor disponibilidad de trenes. Para la atención de trenes con fallas los lugares de atención serán el taller de mantenimiento Tláhuac, las fosas de visita de las terminales de Tláhuac y Mixcoac, incluyendo vías de escape (vías "Y" y "Z") y vía de pruebas.

Alstom preverá el personal suficiente en cada uno de los puntos de intervención antes citados, incluyendo dos personas por turno, itinerantes en la línea durante todo el horario de servicio, debidamente capacitadas para la atención de averías en trenes durante la operación, para asegurar los requerimientos de disponibilidad del servicio y atender oportunamente cualquier eventualidad que pudiera afectar la continuidad del servicio.

Los horarios y turnos que se cubrirán permitirán una ágil y oportuna intervención durante todo el horario de servicio: el personal técnico para la atención de averías, estará disponible en el horario de 5:00hrs a 00:30 hrs en días hábiles, en domingos y días festivos de 6:00 a 00:30 hrs Si se requiere laborar en alguna intervención por cuestiones de disponibilidad de trenes o exigencias del servicio, estos horarios podrán ampliarse.

Para todas las actividades con las que se tenga que interactuar con los responsables de la operación (Área de transportación) será a través del jefe de taller, del S.T.C.. En la etapa de revisión del plan de Mantenimiento se

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

definirá a detalle la interacción entre el personal de Alstom y el personal del S.T.C., para la atención de averías en los puntos arriba señalados, así como durante la operación en la línea.

8.3.1 Atención de Situaciones de Emergencia.

Es obligación de Alstom, atender bajo la coordinación del S.T.C. cualquier incidencia que se presente con los trenes motivo de esta especificación, tales como: accidentes, descarrilamientos u otras análogas, con la diligencia debida para afectar lo menos posible la operación, debiendo disponer para ello de los equipamientos y vehículos adecuados.

8.3.2 Reparaciones por accidentes no imputables a Alstom y acciones vandálicas.

Alstom realizará:

1.-Las reparaciones de las deficiencias o averías de los trenes que acaezcan como consecuencia de un inadecuado manejo por parte del personal del S.T.C., siempre que dicha deficiencia o avería no deba su origen a un indebido diseño en cuanto a robustez o durabilidad (lo que será plenamente demostrado por Alstom).

2.- Las reparaciones de los trenes originadas por accidentes no imputables a Alstom, previa investigación de las causas, de ser imputables al S.T.C., será con cargo a este último.

3.- Las reparaciones de los trenes originadas por actuaciones vandálicas, siempre que no sean imputables a Alstom.

En relación con los casos anteriores, Alstom demostrará plenamente el origen de las averías, y en caso de ser imputables al S.T.C. presentará, con carácter previo, la oportuna valoración económica, pudiendo el S.T.C., aceptarla o rechazarla.

8.4 Refacciones y Equipos.

8.4.1 Refacciones y Materiales de Consumo

Son las refacciones y materiales necesarios para la ejecución del correcto mantenimiento del tren y sus equipos, consideradas en los manuales de mantenimiento de los fabricantes, más las que resulten necesarias sustituir al hacer las actividades de mantenimiento preventivo. Alstom podrá realizar actividades adicionales que debido a su experiencia en el mantenimiento considere necesarias para coadyuvar al mejor desempeño de los equipos.

La adquisición, cantidad y manejo de las mismas es responsabilidad total de Alstom.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

8.4.2 Equipos y Refacciones del Tren y Stock de Seguridad

Se entenderá para este tipo de partes, como los equipos, refacciones y accesorios que componen el tren y que no están catalogados de acuerdo a los manuales de mantenimiento del fabricante del tren y los distintos equipos como refacciones de consumo. Es decir es todo el equipamiento y refacciones que permiten ejecutar el mantenimiento correctivo en sus tres niveles de intervención y que además asegura que en caso de accidentes o actos de vandalismo se cuente con los stock´s de seguridad que permitan una oportuna reparación.

Tres meses antes de que el último tren cumpla su periodo de garantía de 24 meses, Alstom suministrará al S.T.C. un lote de refacciones y equipos de repuesto de este tipo nuevos en una variedad y cantidad tal que permitan y aseguren la correcta y oportuna ejecución de todas las actividades de mantenimiento correctivo, dentro de las cuales se incluirán tanto equipos tipo reparables como no reparables, así como los susceptibles de daños por accidentes o actos vandálicos. Considerando que los trenes objeto de esta especificación circularán en la línea 12 y se prevén distintos puntos de intervención para el mantenimiento correctivo, tales como talleres y dos fosas de visita en las terminales, por lo que el lote de refacciones y equipos de repuesto será tal que permita de acuerdo al nivel de intervención que se realizará en cada uno de los lugares antes citados, reparaciones ágiles y oportunas.

En la etapa de revisión de diseño se presentará las cantidades de órganos y refacciones así como su descripción y los estudios correspondientes donde se demuestren que con dichas cantidades de cada equipo se podrá satisfacer las exigencias aquí establecidas.

8.4.3 Condiciones para el Refaccionamiento

Alstom dispondrá, de forma permanente, de un stock adecuado de equipos, refacciones, consumibles y materiales para el buen desarrollo de las actividades contratadas.

Los equipos, refacciones, consumibles y materiales utilizados en los trabajos relativos al mantenimiento de los trenes serán de la marca original suministrados por el fabricante o distribuidor oficial. En caso de existencia de obsolescencia tecnológica, Alstom planteará al S.T.C., soluciones alternativas convenientemente justificadas y ajustadas a la funcionalidad mínima de origen de los mismos, al estado actual de la técnica y a la calidad del producto, de ser procedente el S.T.C. autorizará su utilización.

8.5 Talleres Instalaciones y Equipos.

8.5.1 Talleres

Las actividades de mantenimiento se llevarán a cabo en los talleres de Mantenimiento Tláhuac. En el Apéndice F *"Distribución de Planta y Equipamiento de los Talleres de Mantenimiento Tláhuac de la Línea 12", se* incluye la distribución de dicho taller, así como el equipamiento que esta previsto como parte de la construcción de la obra civil y electromecánica de la Linea 12, el cual será puesto a disposición de Alstom, en los términos establecidos en el contrato.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

8.5.2 Instalaciones y Equipos

Para el caso de las instalaciones y equipos que el S.T.C. ponga a disposición de Alstom serán totalmente responsabilidad de éste en cuanto a su cuidado, mantenimiento y desempeño. En el caso de las instalaciones y equipos que se pondrán en servicio como parte del Contrato de la obra civil y electromecánica Alstom participará en conjunto con el S.T.C., en la puesta en operación de dichos equipos e instalaciones. Cualquier anomalía o desperfecto en estos no será justificación para el incumplimiento de los servicios contratados.

El uso de las instalaciones y equipos que el S.T.C., ponga a disposición de Alstom estará sujeto a las normas y reglamentos internos del S.T.C. El mantenimiento y conservación de estas instalaciones y equipos correrán a cargo de Alstom.

El equipamiento e instalaciones restantes que se requiera para el desarrollo de las actividades de mantenimiento de los trenes, será suministrado, instalado y puesto en operación por Alstom, en el entendido de que todas las acciones de mantenimiento que estos equipos requieran, así como los que el S.T.C., ponga a su disposición correrán a cargo de Alstom. Concluido el periodo contractual, todos los equipos e instalaciones serán entregados al S.T.C. sin costo alguno para el S.T.C., en condiciones operativas de buen funcionamiento.

Los equipos, refacciones, materiales y consumibles utilizados en los trabajos relativos al mantenimiento del equipamiento de los talleres y en el de los equipos de trabajo cedidos por el S.T.C., serán de la marca original suministrados por el fabricante o distribuidor oficial.

En caso de existencia de obsolescencia tecnológica Alstom planteará al S.T.C., soluciones alternativas convenientemente justificadas y ajustadas a la funcionalidad mínima de origen de los mismos, al estado actual de la técnica y a la calidad del producto, de ser procedente el S.T.C. autorizará su utilización.

8.6 Normas de seguridad y disposiciones internas del S.T.C..

Es obligación de Alstom y de su personal el cumplimiento de la normatividad y disposiciones de seguridad del S.T.C., y las internas del taller. el S.T.C. dará a conocer tales disposiciones durante la etapa de revisión del plan de mantenimiento. El incumplimiento de estas será objeto de los reportes correspondientes. En caso de cualquier incidente que repercuta en daños de su personal, del S.T.C., terceras personas o en los bienes del S.T.C. motivados por actividades de Alstom, este asumirá totalmente la responsabilidad y cubrirá los costos de reparación de los daños a instalaciones y personas a plena satisfacción del S.T.C..

9 CAPACITACIÓN (TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA)

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

9.1 Capacitación del Personal Técnico y Operativo.

Alstom proporcionará la capacitación necesaria para lograr una transferencia del conocimiento tecnológico sobre los aspectos de diseño y fabricación, así como del mantenimiento y operación, impartiendo la capacitación en las instalaciones del fabricante del tren y de sus distintos equipos o subsistemas, en México y en el extranjero, así como en las instalaciones del S.T.C., con el fin de que el personal del S.T.C. cuente con los conocimientos requeridos para operar y supervisar en todas sus modalidades y niveles de mantenimiento a los trenes de este nuevo lote.

Durante la fase de revisión de diseño y tren prototipo se establecerá conjuntamente con Alstom el programa de capacitación, los contenidos y duración de cada curso. La cantidad de participantes será la indicada en la tabla anexa en este numeral, y el perfil de los participantes se determinará por el S.T.C..

Los cursos considerarán la capacitación para el siguiente personal:

- **Ingenieros Especialistas**. La capacitación estará dirigida al personal de Ingeniería y la Supervisión al Material Rodante por parte del S.T.C., la cual será impartida por personal especializado. Se preverán cursos en el extranjero para 10 Ingenieros del S.T.C. con una duración de 30 días en las instalaciones del fabricante y sus proveedores. En particular para las especialidades de electrónica e informática por un periodo de tres meses a tres de los especialistas que el S.T.C. designe. Durante la fase de aprobación de diseño Alstom presentará un temario tentativo de los cursos a impartir.

- **Personal técnico de Material Rodante y de Transportación**. La capacitación estará orientada a Técnicos de Material Rodante, Reguladores del puesto central de control, Inspectores jefes de estación y Conductores, la cual será impartida por Alstom.

- **Personal Académico.** El STC designará en total 2 académicos que serán seleccionados de las Diferentes Instituciones de Educación Superior, los cuales deberán ser capacitados en las diferentes concepciones y desarrollos de los diseños de los diferentes sistemas que conformarán al material rodante a fin de lograr un alto nivel de transferencia tecnológica. Esta capacitación se llevará a cabo en las instalaciones del fabricante y de sus distintos proveedores.

Los temarios considerarán según vayan dirigidos al personal técnico u operativo los niveles de profundidad requeridos:

- Estructura general del tren.
- Funcionamiento de todos los sistemas del tren.
- Operación y conducción de los trenes.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

- Mantenimiento en todos su tipos y modalidades establecidas en el numeral *8 "Servicio de Postventa"*, considerando el tren como conjunto y sus distintos sistemas.

Todos los manuales de capacitación y los cursos proporcionados estarán en idioma español e impartidos por personal experto en el tema y con experiencia en la instrucción, que serán previamente evaluados por el S.T.C. Así mismo los cursos que lo requieran, además de la teoría considerarán la capacitación practica, esto se determinara en la etapa de revisión de diseño.

Para todos los cursos Alstom proporcionará el material didáctico requerido en forma impresa y respaldado en discos compactos, utilizando la versión más reciente de Microsoft Office© y CAD-CAM o alguna otra que conjuntamente, se acuerde entre Alstom y el S.T.C., así como la información documental de apoyo para todos los participantes, adicionando los elementos y actividades que considere necesarios para la mejor comprensión y aprendizaje del tema tratado.

Se establecerán cursos para los siguientes temas que se impartirán con técnicas de enseñanza teórico práctica y de simulación, que permitan obtener los índices de aprendizaje óptimos:

TEMA	DURACIÓN TOTAL (horas)	PARTICIPANTES
Tren como conjunto	30	30
Bogie	20	20
Caja	20	15
Puertas	30	20
Tracción – Frenado	40	20
Antibloqueo	20	20
Generación y Distribución de energía Eléctrica	30	20
Generación y Distribución de Aire Comprimido	40	20
Informática Embarcada	40	20

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

Comunicación	30	20
Señalización y Registro	20	20

9.2 *Fabricación de trenes –adaptación tecnología-*

Durante la fabricación de los trenes Alstom determinará el grado de estandarización de las soluciones integradas en la fabricación del lote de trenes para la línea 12 del STC, las adaptaciones tecnológicas necesarias serán analizadas y estudiadas a fin de garantizas el funcionamiento correcto de cada subsistema que integran al tren como conjunto, y en su operación con los sistemas fijos instalados en la línea 12.
Las adaptaciones tecnológicas serán presentadas al STC, una vez hechas las validaciones de diseño por Alstom, a fin de que el STC logre su entendimiento a cerca de las mismas.

9.3 *Transferencia tecnológica en el mantenimiento*

Alstom ha desarrollado durante la implementación de diferentes contratos de mantenimiento a lo largo de más de 20 años, una filosofía de gestión de las actividades de mantenimiento, la cual se describe en el anexo 1Si), donde una parte importante es el Retorno de Experiencia que nos permite innovar en nuestras tecnologías de gestión del mantenimiento e implementar en algunos casos el uso de equipos y herramientas de últimas tecnologías que mejoren las condiciones de mantenimiento tanto predictivo, preventivo y correctivo. Lo anterior será reflejado de manera permanente en los planes de mantenimiento que Alstom desarrollará y entregará conforme lo establece el punto 8 del anexo 1, lo que permitirá al STC conocer las innovaciones tecnológicas que se implementen tanto en la gestión como en la ejecución de los trabajos durante la vida del contrato de mantenimiento.
Los sistemas informáticos para la gestión del mantenimiento, no son propiedad de Alstom , debido a que se desarrollan bajo la plataforma SAP, como se indica en el documento denominado "Solución de Transferencia Tecnológica", por lo cual, se darán las facilidades correspondientes para que el STC monitoree las actividades de mantenimiento a través del software de gestión, como es solicitado.
A fin de poder realizar la transferencia tecnológica desde el punto vista práctico, Alstom dará las facilidades pertinentes al personal operativo del STC para participar en las actividades de mantenimiento de manera rotativa, esta actividad será definida y acordada durante la ejecución del proyecto, y revisada de manera periódica durante la vida del contrato de mantenimiento.

9.4 *Simulador de cabina*

La capacitación para el simulador de cabina se establece en el anexo 1T.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

9.5 *Centro de Tecnología de Trenes, CTT*

Alstom coadyuvará con su experiencia y capacidades para colaborar con el STC en la plantación y definición del CTT, mismo que el STC desarrollará dentro de sus instalaciones, lo anterior con el propósito de establecer un Centro de Tecnología de Trenes que permita capacitar al mayor número de personal del STC en las últimas tecnologías ferroviarias y que a su vez sirva para que el STC pueda permear las tecnologías de vanguardia a sus diversas líneas de operación y flotas de trenes del STC.

10 GARANTÍAS.

10.1 *Garantía de los trenes y sus equipos.*

Alstom se obliga ante el S.T.C. a proporcionar carros y equipos de buena calidad, concebidos de acuerdo con las mejores practicas de ingeniería y libres de defectos de diseño, materiales, fabricación y mano de obra. Alstom cumplirá con las garantías por lote, sistemas y equipos en los términos que a continuación se indican:

TABLA 10.1 GARANTÍAS POR LOTE, SISTEMAS Y EQUIPOS

SISTEMAS Y EQUIPOS	RECORRIDO (KILÓMETROS)
LOTE DE TRENES COMO CONJUNTO	**24 PERIODOS DE 30 DÍAS A PARTIR DE LA PUESTA EN SERVICIO DEL 9° TREN

La garantía de los sistemas y equipos iniciará su contabilización a partir de la puesta en servicio de cada uno de los trenes con usuarios en la Línea 12.

Después de su puesta en servicio, cualquier detención de un tren, por causas imputables al S.T.C., por periodos mayores a una semana, se considerará para efectos de contabilización de kilometraje de garantía 410 km por cada día de detención.

Si durante dichos plazos de garantía se produjera la inutilización de algún equipo por falla, debido a defectos imputables a la fabricación o características del material empleado, Alstom se obligará a reponerlo, por su cuenta y en forma rápida, incluyendo los desmontajes y montajes de los equipos defectuosos.

Para hacer frente a sus obligaciones en materia de garantía, Alstom estará obligado a mantener personal especializado para el servicio de postventa, en el taller de Mantenimiento Sistemático Tláhuac donde quedarán

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

asignados los trenes. En caso de requerirse en Línea al personal especializado del servicio de postventa, éste estará en condiciones de trasladarse en coordinación con personal del S.T.C. a cualquier lugar de la Línea 12. En los términos establecidos en el numeral *8 "Servicio de Postventa"*.

Alstom estará obligado a contar con todas las refacciones, materiales y herramientas especiales para otorgar adecuadamente el servicio de postventa de manera inmediata, para lo cual presentará mensualmente al S.T.C. sus inventarios a fin de demostrar el cumplimiento de esta exigencia.

➢ ** **Garantía del lote de trenes como conjunto.**

A partir del 9° tren recepcionado y puesto en servicio con usuarios, el lote de trenes cubrirá 24 periodos de 30 días cumpliendo con los niveles mínimos de fiabilidad, disponibilidad y NAFS, establecidos en esta especificación en el numeral 7 *"Evaluación de Seguridad, Fiabilidad y Disponibilidad Durante el Periodo de Garantía"*.

➢ **Término de Garantía del lote de trenes como conjunto.**

Las condiciones para que se lleve a cabo la liberación de garantía del lote de trenes como conjunto serán las siguientes:

- La evaluación de fiabilidad para el lote de trenes de acuerdo a la fórmula 7.2.2 serán iguales o mayores al índice establecido hasta alcanzar 24 periodos de 30 días de cumplimiento.
- La evaluación de los NAFS para el lote de trenes de acuerdo a la fórmula 7.3.1 será menor o igual a uno, hasta alcanzar 24 periodos de 30 días de cumplimiento.
- La evaluación de disponibilidad para el lote de trenes de acuerdo a la fórmula 7.4.3 serán iguales o mayores al índice establecido hasta alcanzar 24 periodos de 30 días de cumplimiento.

En caso de que cualquiera de las condiciones antes citadas no se cumpla en uno o varios periodos de evaluación, se extenderá la garantía para el lote de trenes como conjunto en periodos iguales, hasta que se cubran 24 periodos continuos o discontinuos de cumplimiento.

➢ **Liberación de la evaluación de fiabilidad del lote de trenes por sistemas.**

Para liberar la evaluación de fiabilidad por sistema, el lote de trenes cumplirá con los índices de fiabilidad establecidos para cada sistema, y que se indican en la "tabla 7.2.3.2 Fiabilidades por Sistema" hasta alcanzar 24 periodos de 30 días de cumplimiento.

➢ **Término de la Garantía del tren por sistemas.**

Una vez obtenida la liberación de la evaluación de fiabilidad del lote de trenes por sistema, la garantía de cada tren continuara vigente hasta alcanzar, si es el caso, el kilometraje marcado en la Tabla 10.1 Garantías por Lote, Sistemas y Equipos.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

ALSTOM

10.2 *Averías sistemáticas.*

Si durante el plazo de garantía de cualquier equipo se produjeran averías, en al menos el 10% del lote del mismo, ésta se considerará como avería sistemática. Para los equipos que estén instalados en una cantidad igual o superior a 6 por tren, se considerarán 15 averías para declarar la avería sistemática.

En la ocurrencia de una falla sistemática, el S.T.C. notificará por escrito a Alstom, quien presentará ante el S.T.C. para su autorización, en un plazo no mayor a 45 días naturales, lo siguiente:

- Un estudio detallado, en el que se determine el origen de la avería y los mecanismos de solución que serán aplicados en la totalidad del lote.

- Un programa completo de atención de la avería sistemática, considerando los plazos de entrega de suministros necesarios y los tiempos requeridos para la aplicación de las correcciones correspondientes, todo esto, debidamente respaldado con copia del pedido de materiales y sus plazos de entrega, así como el estudio de tiempos y movimientos respectivos.

Las actividades correctivas se iniciarán conforme a lo programado en forma inmediata por parte de Alstom, sustituyendo equipos o componentes en la totalidad del lote. La verificación de la operación del equipo se avalará mediante las pruebas correspondientes.

Alstom se obliga a atender a entera satisfacción y sin cargo alguno para el S.T.C. la avería sistemática en el plazo autorizado por el S.T.C., haciéndose cargo además de todas las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo durante el plazo determinado y/o hasta que entregue al S.T.C. los equipos correspondientes (incluyendo aquellos componentes y/o equipos que se vean afectados por el equipo declarado en falla sistemática), funcionando de acuerdo a los parámetros establecidos en estas especificaciones técnicas.

Si el programa de atención de una avería sistemática vence y no se corrige el origen de la avería sistemática por causas inherentes a Alstom y/o sus subcontratistas, el S.T.C. sancionará con el 0.5% (cero punto cinco por ciento), del monto correspondiente al total del lote de los equipos del subsistema declarado en falla sistemática (sin incluir el impuesto al valor agregado), por cada día natural que transcurra sin que se resuelva dicha falla sistemática. Independientemente de estas penas, (la que no excederá del monto de la garantía de cumplimiento del contrato) Alstom dará solución a la avería sistemática.

En caso de persistir la falla sistemática aun después de haber sido aplicado el plan de solución propuesto por Alstom, este se obliga a la sustitución por otros equipos que cumplan con las especificaciones técnicas contractuales previa validación del S.T.C. En tanto persistan fallas sistemáticas en los sistemas de los trenes, estos (sistemas) no podrán ser liberados de las garantías estipuladas en el numeral correspondiente.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

El tiempo de evaluación y seguimiento de las soluciones implementadas para corregir las fallas sistemáticas se establecerá de común acuerdo entre Alstom y el S.T.C. a fin de proceder a la liberación de la declaración de la falla sistemática correspondiente.

El periodo que transcurra desde el momento en que se declare la avería sistemática por el S.T.C. hasta su solución en todos los equipos de este tipo en servicio, se adicionará al período de garantía establecido en la tabla anterior, siempre y cuando la intervención implique exclusivamente la sustitución de componentes. Para el caso en que se cambien equipos el periodo de garantía será el establecido en la tabla anterior contabilizado a partir de la implementación de la solución a la avería sistemática.

En caso de averías sistemáticas que aparecieran posteriores al término de los períodos de garantía, el S.T.C. tendrá el recurso de reclamación a través del argumento de vicio oculto hasta concluir los trabajos de la primer revisión general del lote de trenes, lo cual permitirá al S.T.C. confirmar que los equipos hayan cumplido con el desempeño especificado y en caso de que esto no se cumpla Alstom asumirá, la responsabilidad total mediante sustituciones a plena satisfacción del S.T.C.

11 RELACIÓN DE APÉNDICES

Los siguientes Apéndices fueron considerados en la preparación de este documento:

APÉNDICE _A_ "INFORMACIÓN CORRESPONDIENTE AL GÁLIBO, ENVOLVENTE DINÁMICA DEL TREN, PERFIL, TRAZO, MARCHAS TIPO Y CARACTERÍSTICAS DEL RIEL DE LA LÍNEA 12". VER NOTA 1
APÉNDICE_B_ "CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL PANTÓGRAFO". VER NOTA 1
APÉNDICE_C_ "PILOTAJE AUTOMÁTICO" . VER NOTA 1
APÉNDICE_D_ "TELEFONÍA DE TRENES" VER NOTA 1
APÉNDICE_E_ "CIRCUITO CERRADO DE TELEVISIÓN (CCTV). VER NOTA 1
APÉNDICE_F_ "DISTRIBUCIÓN DE PLANTA Y EQUIPAMIENTO DE LOS TALLERES DE MANTENIMIENTO DE TLÁHUAC DE LA LÍNEA 12". VER NOTA 1
APÉNDICE_G_ "PROGRAMA DE ENTREGA DE LOTE DE 30 TRENES". VER NOTA 2
APÉNDICE_H_ "CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES DE LOS ASIENTOS DEL SALÓN DE PASAJEROS". VER NOTA 3
APÉNDICE_I_ "CARACTERÍSTICAS Y DIMENSIONES DE LAS RUEDAS Y EJES DEL BOGIE". VER NOTA 4.

NOTA 1: Apéndices suministrados por el STC
NOTA 2: Se anexa Plan de Entregas del Lote de 30 Trenes
NOTA 3: Referirse al Anexo 1A Vista General de los Coches
NOTA 4: Referirse al Apéndice 1B Bogies.

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

00000149

APENDICE G

PROGRAMA DE ENTREGA DE LOTE DE 30 TRENES

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM.

189

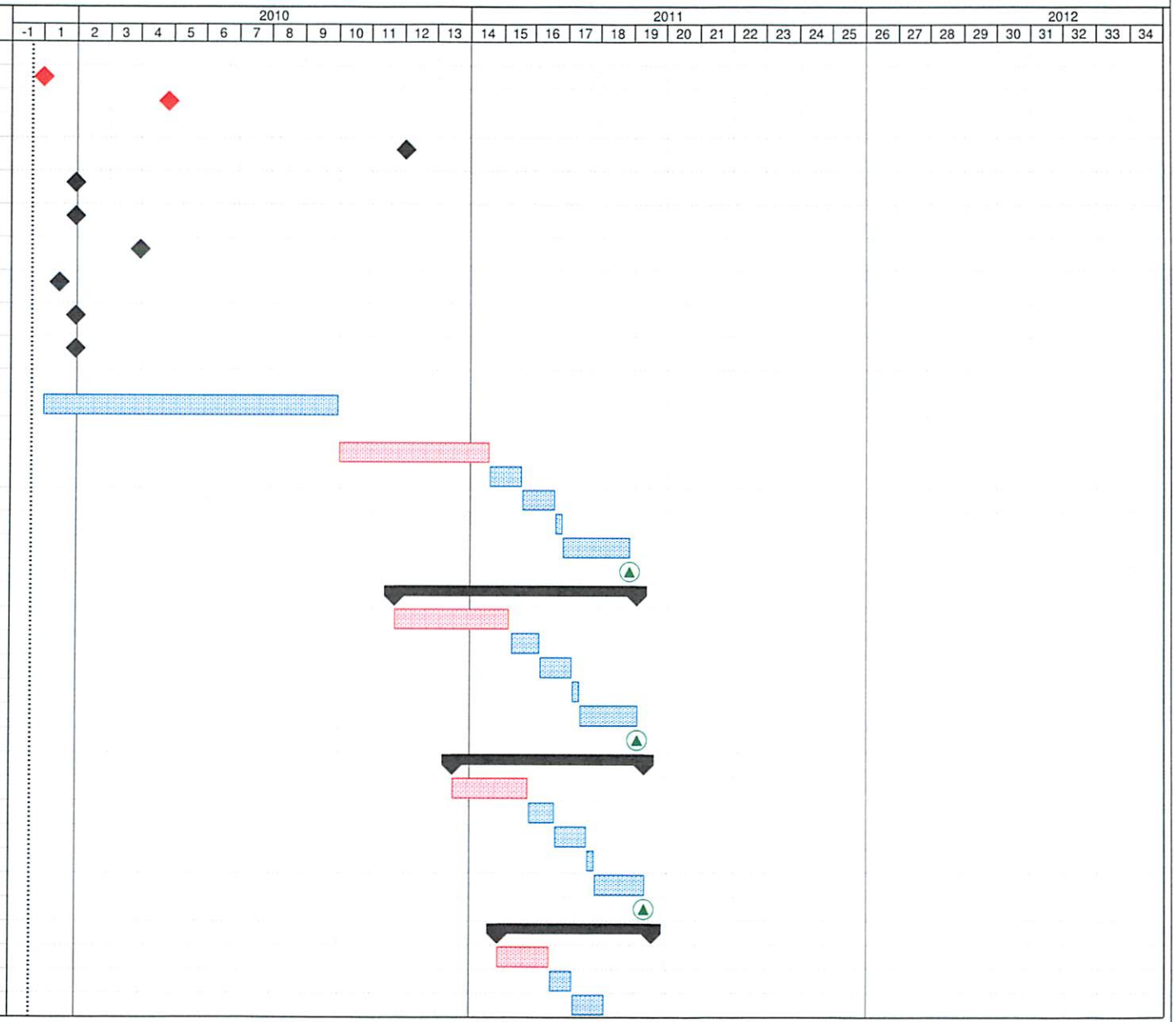
APENDICE G

00000150

ALSTOM

PLAN DE ENTREGAS DE UN LOTE DE 30 TRENES PARA LA LINEA 12 (MEXICO)

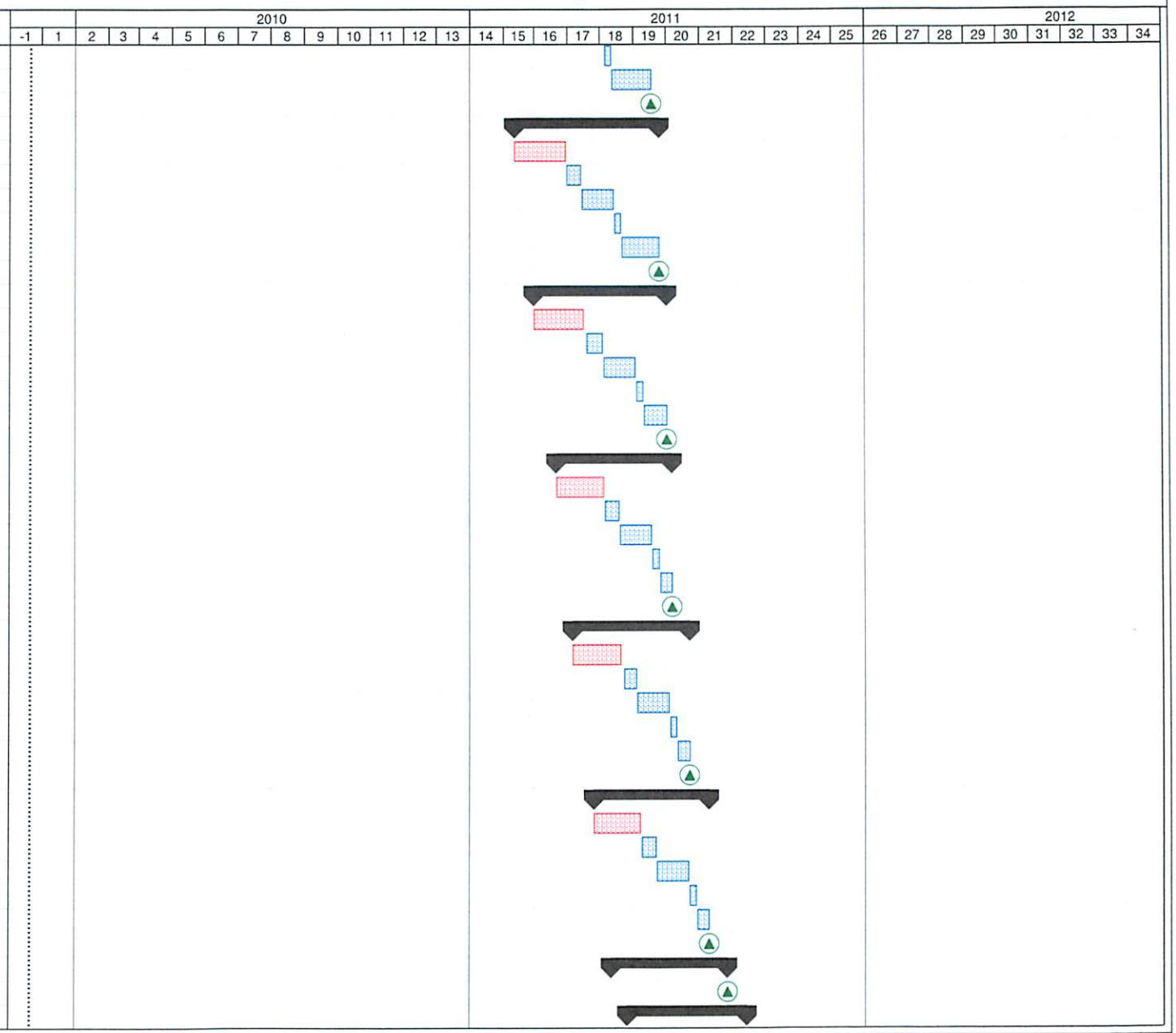
Nº	Nom
1	**Metrô MEXICO**
2	Firma del Contrato
3	Firma de la opción de 21 trenes
4	**Interfaces Cliente**
5	Entrega de Talleres, Garage, Vias de Pruebas y Tramo de Línea
6	Entrega de informaciones del ATC embarcado a Alstom
7	Entrega de interfaces de Radio Comunicación Definidas a Alstom
8	Proyecto Basico colores y cabina aprobados por el Cliente
9	Entrega de Informaciones sobre la Obra Civil (vía, catenaria) a Alstom
10	Entrega de interfaces del Material Rodante mecánicas y elétricas aprobadas a Alstom
11	Entrega de interfaces PA mecánicas y elétricas aprobadas a Alstom
12	**Diseño**
13	Ingeniería
62	**1st Tren (7 Cars)**
63	Fabricación y Montaje
65	Pruebas Estáticas
66	Limpieza y Transporte para Mexico
67	Instalación de bogies en México
68	Pruebas Dinámicas
69	Tren a disposición del cliente
70	**2º Tren (7 Cars)**
71	Fabricación y Montaje
73	Pruebas Estáticas
74	Limpieza y Transporte para Mexico
75	Instalación de bogies en México
76	Pruebas Dinámicas
77	Tren a disposicion del cliente
78	**3º Tren (7 Cars)**
79	Fabricación y Montaje
81	Pruebas Estáticas
82	Limpieza y Transporte para Mexico
83	Instalación de bogies en México
84	Pruebas Dinámicas
85	Tren a disposicion del cliente
86	**4º Tren (7 Cars)**
87	Fabricación y Montaje
89	Pruebas Estáticas
90	Limpieza y Transporte para Mexico



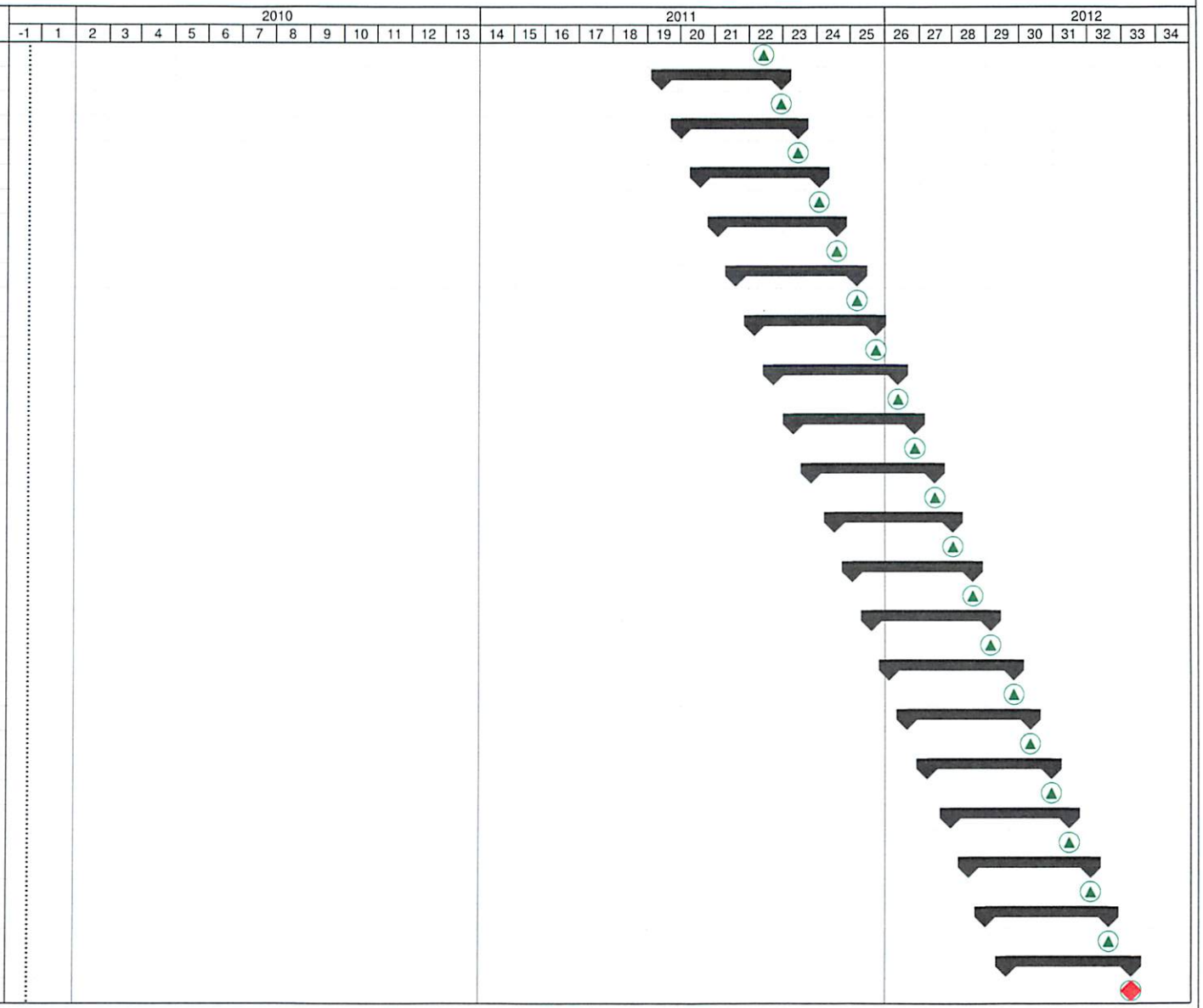
ALSTOM

PLAN DE ENTREGAS DE UN LOTE DE 30 TRENES PARA LA LINEA 12 (MEXICO)

Nº	Nom
91	Instalación de bogies en México
92	Pruebas Dinámicas
93	Tren a disposicion del cliente
94	**5º Tren (7 Cars)**
95	Fabricación y Montaje
97	Pruebas Estáticas
98	Limpieza y Transporte para Mexico
99	Instalación de bogies en México
100	Pruebas Dinámicas
101	Tren a disposicion del cliente
102	**6º Tren (7 Cars)**
103	Fabricación y Montaje
105	Pruebas Estáticas
106	Limpieza y Transporte para Mexico
107	Instalación de bogies en México
108	Pruebas Dinámicas
109	Tren a disposicion del cliente
110	**7º Tren (7 Cars)**
111	Fabricación y Montaje
113	Pruebas Estáticas
114	Limpieza y Transporte para Mexico
115	Instalación de bogies en México
116	Pruebas Dinámicas
117	Tren a disposicion del cliente
118	**8º Tren (7 Cars)**
119	Fabricación y Montaje
121	Pruebas Estáticas
122	Limpieza y Transporte para Mexico
123	Instalación de bogies en México
124	Pruebas Dinámicas
125	Tren a disposicion del cliente
126	**9º Tren (7 Cars)**
127	Fabricación y Montaje
129	Pruebas Estáticas
130	Limpieza y Transporte para Mexico
131	Instalación de bogies en México
132	Pruebas Dinámicas
133	Tren a disposicion del cliente
134	**10º Tren (7 Cars)**
141	Tren a disposicion del cliente
142	**11º Tren (7 Cars)**



ALSTOM

PLAN DE ENTREGAS DE UN LOTE DE 30 TRENES PARA LA LINEA 12 (MEXICO)

Nº	Nom
149	Tren a disposicion del cliente
150	**12º Tren (7 Cars)**
157	Tren a disposicion del cliente
158	**13º Tren (7 Cars)**
165	Tren a disposicion del cliente
166	**14º Tren (7 Cars)**
173	Tren a disposicion del cliente
174	**15º Tren (7 Cars)**
181	Tren a disposicion del cliente
182	**16º Tren (7 Cars)**
189	Tren a disposicion del cliente
190	**17º Tren (7 Cars)**
197	Tren a disposicion del cliente
198	**18º Tren (7 Cars)**
205	Tren a disposicion del cliente
206	**19º Tren (7 Cars)**
213	Tren a disposicion del cliente
214	**20º Tren (7 Cars)**
221	Tren a disposicion del cliente
222	**21º Tren (7 Cars)**
229	Tren a disposicion del cliente
230	**22º Tren (7 Cars)**
237	Tren a disposicion del cliente
238	**23º Tren (7 Cars)**
245	Tren a disposicion del cliente
246	**24º Tren (7 Cars)**
253	Tren a disposicion del cliente
254	**25º Tren (7 Cars)**
261	Tren a disposicion del cliente
262	**26º Tren (7 Cars)**
269	Tren a disposicion del cliente
270	**27º Tren (7 Cars)**
277	Tren a disposicion del cliente
278	**28º Tren (7 Cars)**
285	Tren a disposicion del cliente
286	**29º Tren (7 Cars)**
293	Tren a disposicion del cliente
294	**30º Tren (7 Cars)**
301	Tren a disposicion del cliente